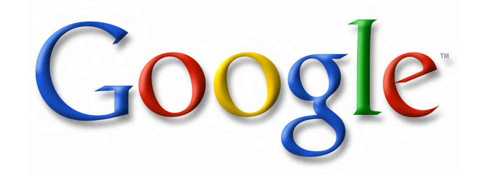
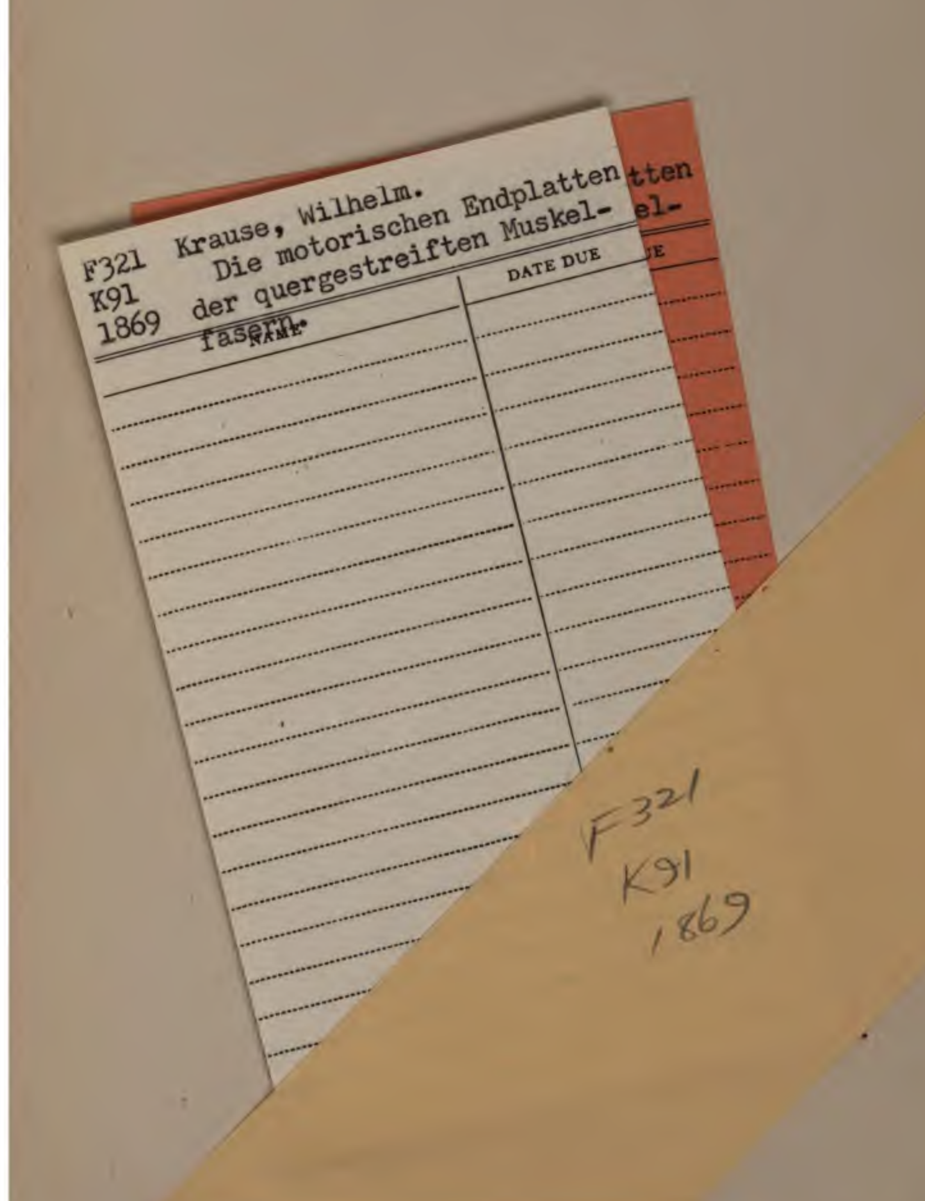



F321 Krause, Wilhelm.
K91 Die motorischen Endplatten
1869 der quergestreiften Muskel-
fasern.
NAME
DATE DUE
F321
K91
1869



A MEMORIAL GIFT

From the Library of
FRANK MACE MacFARLAND









Steindrk: v. Castell in Hannover.

DIE

MOTORISCHEN ENDPLATTEN

DER

QUERGESTREIFTEN MUSKELFASERN

VON

DR. W. KRAUSE,

PROFESSOR IN GOETTINGEN.

MIT EINER STEINDRUCKTAFEL UND 77 HOLZSCHNITTEN.

MIT EINEM VORWORT

(DIE LEBENSBESCHREIBUNG VON C. KRAUSE ENTHALTEND).

HANNOVER.

HAHN'SCHE HOFBUCHHANDLUNG.

1869.

Hannover. Druck von Wilh. Riemschneider.

DEM

ANDENKEN

AN

CARL KRAUSE

GEWIDMET.

Inhalt.

C. KRAUSE.

Ein Lebensabriss

entworfen

von seinem Sohne.

Man sagt, es sei sehr schwer, eine einigermassen genügende Selbst-Biographie zu schreiben. Nicht minder aber gehört es jedenfalls zu den schwierigsten Aufgaben, das Leben eines Vaters zu schildern, der von Herzen geliebt und verehrt wurde — vollends wenn der Schmerz noch neu und jeder Federzug den herben Verlust doppelt empfinden lässt. Dennoch musste ich vielfachen Aufforderungen von nah und fern mich fügen, um so mehr, da es fast unmöglich schien, Jemanden zu finden, der die doppelseitige Thätigkeit des Entschlafenen in den besonderen praktisch-medicinischen Verhältnissen Hannovers und auf wissenschaftlichem Gebiete als Anatom von Fach nach eigener Anschauung zu übersehen vermochte. Unter diesen Umständen war es unthunlich, so bestimmte Urtheile abzugeben, wie sie von dem fernerstehenden Biographen mit Recht erwartet werden. Es mag einem Anderen vorbehalten bleiben, früher oder später die zahlreichen Verdienste des Entschlafenen um die Wissenschaft, seine aufopfernde Thätigkeit im Dienste des Landes und der Hülfe suchenden Kranken, seinen vortrefflichen Character wie sein stilles Familienglück erschöpfend zu würdigen. Nur das Material zu einer derartigen historischen Betrachtung kann hier geboten werden. Aus allen Worten wie Handlungen des Dahingeschiedenen waren Herzensgüte und tiefempfundene Bescheidenheit hervorleuchtend, und mit letzterer Eigenschaft würde es sich am wenigsten vertragen, wenn der Sohn solche Lobes-Erhebungen einfliessen lassen wollte, wie sie Anderen unter ganz verschiedenen Umständen vielleicht nachgesehen werden.

Was die Darstellung der literarischen Thätigkeit anlangt, so ist es wohl für Jeden aus der jüngeren Generation eine Aufgabe, sich in den hier

in Frage kommenden Zustand der medicinischen Wissenschaft hineinzudenken. Noch herrschte die Naturphilosophie, das Microscop galt den Aerzten als unnützes Spielzeug, die Bindegewebs-Fibrillen wie die quergestreiften Muskelfasern des Herzens mussten erst entdeckt werden. Dieser Theil der Abhandlung hat am meisten Schwierigkeiten gemacht, obgleich es auch in anderen Punkten nicht an solchen fehlte. Wer selbst mit ähnlichen Aufgaben beschäftigt war, wird es erfahren haben, wie schwer es manchmal ist, nach so langer Zeit selbst die einfachsten Thatsachen festzustellen, sobald dabei der Zeitpunkt von entscheidender Bedeutung erscheint, in welchem sie passirt sind. Unglücklicherweise traf es sich, dass kein Verzeichniss und nur selten Separat-Abdrücke von den zahlreichen, in älteren Journalen zerstreuten Abhandlungen meines Vaters vorlagen. Es kann daher nicht einmal garantirt werden, dass keine Veröffentlichung übersehen worden ist. Uebrigens wurde durch alle diese Umstände, sowie durch die sehr zeitraubende Anfertigung der Holzschnitte das Erscheinen der vorliegenden Monographie, welche ursprünglich eine Gratulationsschrift zu dem im Jahre 1868 stattfindenden Doctor-Jubiläum sein sollte, namhaft verzögert.

Carl Friedrich Theodor Krause wurde am 15. December 1797 zu Hannover geboren. Sein Vater, Theologe von Fach, bekleidete damals die Stelle eines Rectors am städtischen Gymnasium zu Hannover. Derselbe (geb. 1757) stammte aus Quedlinburg, und war Sohn eines Predigers daselbst. Er studirte seit 1775 in Göttingen Theologie und Philologie zugleich, blieb von 1779—1783 Repetent der theologischen Facultät resp. Privatdocent. 1782 erhielt er einen Ruf als Professor und Rector der Provinzialschule zu Jever und kam 1792 in die erwähnte Stellung nach Hannover, welcher Stellung er bis 1806 vorstand. Dann wurde er Pastor zu Idensen*, einem Kirchdorfe am südlichen Ufer des Steinhuder Meeres, unfern der Eisenbahnstation Wunstorf, 1814 Pastor in Lohe bei Nienburg und 1817 Superintendent zu Göttingen, woselbst er 1828 gestorben ist. Er war ein tüchtiger Philologe, Herausgeber des Homer und Vellejus Paterculus, sowie Verfasser** anderer Schriften. Die Familie scheint aus

* Philologen wollten behaupten, hier sei das vielbesprochene Schlachtfeld von Idistavisus zu suchen.

** Johann Christian Heinrich Krause: In historiam et orat. Stephani Protomartyris, Act. VI et VII comment. Gotting. 1780. De usu vocabul. φως et σκοτία. Gotting. 1782. Was verliert der zum Gelehrten bestimmte Jüngling, der kein Griechisch lernt? Bremen 1785. Beantwortung der Frage: Wer hat Beruf, ein Gelehrter zu werden? 1. Stück. Bremen 1787. 2. Stück 1788. Erläuterung der Rede des Camillus beim Livius lib. V. c. 44. Jever 1789. Observat. in hymnum Homericum in Mercurium, im Magazin f. Schulen und Schullehrer. Bd. I. St. 2. Velleji Paterculi, quae supersunt ex historiae romanae libr. II. Lips. 1800. Edit. min. 1803.

dem Preussischen zu stammen, wo der in Hannover sonst wenig vorkommende Name bekanntlich sehr häufig ist, und es lassen sich die Spuren auf einen Domainenpächter zurückverfolgen, dessen Sohn Theologie studirte, wie in den früheren Generationen überhaupt der geistliche Stand vorwiegend vertreten ist. Dem Vater verdankte Carl Krause seine gründliche classische Bildung und anfängliche Bestimmung zum Philologen; demselben und der Mutter eine aufrichtig religiöse Erziehung.

Die Mutter Caroline (geb. 1771) wird als vortreffliche feingebildete Frau geschildert. Sie war eine Tochter des 1778 verstorbenen Professor der Physik Erxleben zu Göttingen. Derselbe ist bekannt durch mehrere kleinere Handbücher, namentlich der Physik, die damals mit Chemie zusammen abgehandelt wurde. Das Werk erlebte zahlreiche Auflagen und wurde zuletzt* von Lichtenberg herausgegeben. Die Frau Erxleben's ist von Bürger** erwähnt worden; sie war eine geborene Stromeyer und Cousine des Vaters vom Generalstabsarzt L. Stromeyer zu Hannover.

Eine Urgrossmutter Carl Krause's war die bekannte Doctorin Dorothea Christiane Erxleben, geborene Leporin, deren Sohn der genannte Professor Erxleben. Ihr Vater lebte als beschäftigter praktischer Arzt Chr. Polykarp Leporin zu Quedlinburg, dem sie 1715 geboren wurde. Sie erhielt in Gemeinschaft mit ihrem älteren Bruder medicinischen Unterricht bei ihrem Vater, der endlich, wenn er krank oder abwesend war, seine Patienten von ihr besorgen liess. Nachdem sie eine heutzutage vielleicht wieder interessant werdende Schrift*** über die Befähigung des weiblichen Geschlechts zum medicinischen Studium publicirt hatte, entschloss sie sich, das medicinische Doctor-Examen vor der Facultät zu Halle abzulegen und erhielt dazu schon 1741 die Autorisation. Bald darauf (1742) verheirathete sie sich jedoch an den Pastor G. Chr. Erxleben zu Quedlinburg und wurde Mutter von vier

Köppen's erklärende Anmerkungen zu Homers Ilias. Bd. VI. Hannover, Hahn. 1810. Predigt am Friedensfeste 24. Juli 1814. — S. auch Pütter, Versuch einer akademischen Gelehrtengeschichte und Fortsetzung von Saalfeld, sowie Rühlmann, De studio geographico dissert. Hannov. 1792.

* Anfangsgründe der Naturlehre von Joh. Chr. Polykarp Erxleben. Göttingen 1772. Mit Zusätzen von G. C. Lichtenberg. 1791. Fernere Schriften sind: Anfangsgründe der Naturgeschichte. Göttingen 1787. Dritte und vierte Auflage herausgegeben von Gmelin. Einleitung in die Vieharzneikunst. 1767. Praktischer Unterricht in derselben. 1774. Physikalisch-chemische Abhandlungen. Bd. I. 1776. Erxleben war auch Mitglied der Bataafsch Genootschap der Wysbegeerte te Rotterdam.

** Bürger, Vermischte Schriften. 1829. Bd. III., S. 227.

*** Gründliche Untersuchung der Ursachen, die das weibliche Geschlecht vom Studiren abhalten, darin deren Unerheblichkeit gezeigt wird u. s. w., von Dorothea Christiane Erxleben. Berlin 1742. Ein Nachdruck erschien unter dem Titel: Vernünftige Gedanken vom Studiren des schönen Geschlechts. Frankfurt u. Leipzig 1749.

Kindern. So kam es, dass sie erst im Jahre 1754 den gehegten Plan wieder aufnehmen konnte und durch eigenhändigen Cabinetsbefehl Friedrich's des Grossen vom 18. Mai 1754 wurde die medicinische Facultät zu Halle angewiesen, dem Begehren zu willfahren. Am 12. Junius desselben Jahres erfolgte die Promotion durch den Decan Professor J. Juncker. Die Dissertation* von „der gar zu geschwinden und angenehmen aber deswegen öfters unsichern Heilung der Krankheiten" war lateinisch geschrieben, erschien jedoch bald darauf in's Deutsche übersetzt und mit Anlagen** sowie höchst originellen meist lateinischen*** Gratulationsgedichten vermehrt. In dem öffentlichen Disputatorium hielt sie eine glänzende lateinische Rede.† Die mitgetheilten Thatsachen sind theilweise schon von Denina†† und Marx††† erörtert worden; sie haben auch Anlass zu einer poetischen Fabel*† gegeben. Die zum Doctor promovirte Pastorin Erxleben starb 1762.

Carl Krause war das fünfte Kind unter 10 Geschwistern, die er alle überlebt hat (den letzten Bruder verlor er 1859) und der Liebling seiner Eltern. Mit der Versetzung des Vaters nach Idensen begann eine unruhige Zeit für Hannover: nach voraufgegangener französischer Occupation Einverleibung in Preussen und westphälische Fremdherrschaft. Unter der letzteren, während der stets sich wiederholenden grossen Kriege und kurzen Pausen eines zweifelhaften Friedenszustandes ging es den Eltern ausserordentlich knapp. Man muss die Schriften der damaligen Zeit, z. B. eine Abhandlung über die Lage der Prediger unter der westphälischen Regierung, lesen, um Ahnung von einem Drucke**† zu bekommen, zu welchem die Jetztlebenden

* Diss. inaug. exponens quod nimis cito ac jucunde curare saepius fiat causa minus tutae curationis. auct. Dorothea Christiana Erxlebia. Halae, XII Jun. 1754. 4. — Academische Abhandlung von der gar zu geschwinden und angenehmen aber deswegen öfters unsichern Heilung der Krankheiten. Halle 1755. 8.

** Reflexion über das Studiren und die academischen Würden des Frauenzimmers von Professor J. Juncker. Aus den Hallischen Anzeigen 1754. Nr. 26 u. 27.

*** S. auch Les equivoques des champs Elisiens sur le chaperon à queue de Madame Dorothée Chrêtienne Erxlebe par Heimbourg.

† Academische Abhandlung etc. S. 167.

†† La Prusse litéraire sous Fréderic. Berlin 1790. T. V. II. S. 26.

††† Mittheilungen über Zwecke, Leiden und Freuden der Aerzte. Götting. 1867.

*† Louise Mühlbach, Berlin und Sanscouci oder Friedrich der Grosse und seine Freunde. Leipzig 1857. Bd. II. S. 145. Es ist darüber zu bemerken, dass die Pastorin Erxleben gleichzeitig mit ihrem ältesten Stiefsohne in Halle anwesend war. Der ihr in dem Roman beigelegte Geburtsname Lupinus ist an die Stelle von Leporin gesetzt worden. Zu dem Schauspieler Eckhof stand sie in keiner Beziehung, und ging niemals in Männerkleidern.

**† Die Göttinger Professoren hatten im Jahre 1808 an Kriegscontribution 17,400 Frcs. zu zahlen.

keine Analoga mehr kennen. Am schlimmsten waren natürlich die Beamten daran. Während Carl von seinem Vater selbst den ersten Unterricht im Lateinischen und Griechischen erhielt, musste er nicht selten mit den Classikern in der Tasche an der Beaufsichtigung einer grossen Oekonomie Theil nehmen, die der Pfarre zu Idensen überwiesen war. Seit 1812 besuchte er in Hannover das Gymnasium und war wie gesagt anfangs zum Philologen bestimmt. Doch zogen ihn schon früh die Naturwissenschaften stärker an und mit dem Besuch der Prima verband er eingehende Studien auf der anatomischen Anstalt zu Hannover, welcher er später seine besten Kräfte widmen sollte. Er wurde 1814 Eleve bei dem unter Wedemeyer's (des späteren Leibchirurgus) stehenden Militärhospital zu Hannover, und konnte Anfang April 1815 in seinem 18. Jahre, ohne jemals eine Universität besucht zu haben, als Unterwundarzt in die hannoversche Armee eintreten. Er machte den Feldzug mit und blieb nach der Schlacht von Waterloo noch längere Zeit in den Hospitälern von Brüssel und Antwerpen thätig.

Nach Beendigung des Feldzuges wurde er beurlaubt, indem er ausser dem Fortbezug seiner militärischen Gage vom Kriegsministerium ein Stipendium erhielt, um seine Studien fortzusetzen. Am 10. Mai 1816 wurde er in Göttingen immatriculirt, und sogleich Special-Assistent von C. J. M. Langenbeck, der ihn in den Kriegshospitälern kennen gelernt hatte. Seine Tüchtigkeit und anatomischen Kenntnisse hatten bereits Aufmerksamkeit erregt, so dass Langenbeck ihn in seinem eigenen Hause aufnahm, sein Lehrer werdend in Bezug auf Anatomie und Chirurgie. Betreff des ersteren Faches ist auch Hempel zu erwähnen, Professor und Prosector in Göttingen, sowie Verfasser eines damals verbreiteten anatomischen Compendium. Chemie hörte mein Vater bei seinem Verwandten, dem älteren Stromeyer, und war einer der ersten Mediciner, welche während ihrer Studienzeit in einem chemischen Laboratorium arbeiteten. Physiologie trug Blumenbach vor, Pathologie Himly als Director der internen Klinik, Geburtshülfe Osiander. Während der Studienzeit schloss sich mein Vater einer sog. Landsmannschaft an und scheint sich auch in Führung der Waffen ausgezeichnet zu haben: wenigstens war er (glücklicher als Tiedemann bei einer ähnlichen Gelegenheit) mit heiler Haut davongekommen.

Am 30. December 1818 erhielt er, 21 Jahr alt, aus Blumenbach's Händen das Göttinger Doctordiplom. Es war dies das 76ste, welches in dem betreffenden Jahre ausgefertigt wurde — wohl die höchste Zahl, die in Göttingen jemals vorgekommen ist. Im Examen hatte er den besten Grad erreicht; die Dissertation* betraf die Function der Thymus. Unter Zurückweisung von manchen abenteuerlichen, aber damals verbreiteten Annahmen war der

* Dissertatio inauguralis physiologica sistens opinionum de thymi functione breve examen, auctore C. Fr. Th. Krause. Gottingae 1818.

Autor zu folgendem Resultat gelangt: Die Thymus trägt viel bei zur Blutbildung und Ernährung des Fötus, sowie einiger Thiere, welche dieses Organ auch im späteren Leben in einer Entwickelung besitzen, wie sie dem embryonalen Verhalten entspricht u. s. w.

Für das am 30. December 1868 eintretende Doctor-Jubiläum war wie gesagt die hier vorliegende Monographie bestimmt. Die Dedication war längst geschrieben, als eine unten zu erwähnende tödtliche Erkrankung allen Zukunftsträumen ein Ende machte. Jene einleitende Widmung begann folgendermassen:

„Mein geliebter Vater!

Wenn Du am heutigen Tage Deine Dissertationsschrift in die Hand nimmst, so wirst Du sagen, dass sie von Neuem abgedruckt werden könnte, ohne wesentliche Lücken gegenüber unserem jetzigen physiologischen Wissen aufzuzeigen. Wie mahnend ist dies Beispiel und zugleich anspornend: mahnend zur Bescheidenheit, anfeuernd zur emsigsten Thätigkeit, um mit allen Mitteln der physiologisch-anatomischen Forschung das Dunkel zu erklären, welches noch über den Lebens-Erscheinungen ruht etc.“

Im Frühjahr 1819 trat mein Vater als ärztlicher Begleiter einer Frau v. B.... eine Reise nach Italien an, wozu eine Empfehlung des späteren Leibmedicus Stieglitz in Hannover Veranlassung gab. Sein stets reger Sinn für Naturschönheiten wurde dadurch am meisten geweckt, nicht zu vergessen das Studium der Antiken. Während der Fahrt hatte er die Freude, beim Umsturz der Diligence ein Kind aus dem Flusse zu retten. Auf der Rückreise ging er nach Wien, woselbst zwei ältere Brüder angestellt waren, und verbrachte den Winter mit Besuch der Hospitäler daselbst, sowie den folgenden Sommer in Berlin. Damals starb sein vertrautester Bruder von wenig geringerem Alter, welcher Verlust auf's Tiefste empfunden wurde. Darauf liess er sich Ende 1820 als praktischer Arzt in Hannover nieder. Im Mai 1821 mit den Functionen eines Armenarztes betraut, versah er viele Jahre lang zwei von den Districten, in welche die Stadt getheilt war, während sonst jede Abtheilung einen besonderen Arzt zu haben pflegte. Gleichzeitig liess er als Nachklang seiner militär-chirurgischen Thätigkeit eine Abhandlung* erscheinen, aus welcher man ersehen kann, dass die Resection der Gelenkenden zerschossener Knochen damals bereits in nicht geringem Umfange geübt wurde. Auch eine andere Arbeit** trug den chirurgischen Cha-

* Versuch über die Resection der Extremitäten cariöser Gelenke von Dr. Moreau. Aus dem Französischen übersetzt von Carl Krause, M. Dr. Mit einer Vorrede von Wedemeyer. Hannover 1821.

** Bemerkungen über die Gefahr des Ausziehens grosser Blasensteine nebst Mittheilung eines Instruments zum Zerbrechen solcher Steine. Von H. Earle, mitge-

racter. Im Jahre 1821 erhielt er die Leitung der unter einer General-Vaccinations-Committee stehenden öffentlichen Impf-Anstalt* für das Königreich Hannover, welche Stellung er bis 1833 beibehielt, und wurde 1822 Landchirurgus des grossen Physicat-Bezirks Hannover. Diese Thätigkeiten brachten ihn mit allen Schichten der Bevölkerung in häufige Berührung und legten den Grund zu seiner späteren ausgebreiteten Praxis. Er war immer ein warmer Freund der Armen und noch am Ende seines Lebens kam es vor, dass er eine kranke Frau, die während der Woche in Tagelohn gehen musste, Sonntags selbst besuchte, anstatt sie zu sich kommen zu lassen. Die erwähnte Beschäftigung als Landchirurgus, sowie seit 1825 als Vertreter des Landphysicus führte im Jahre 1827 zur definitiven Ernennung, und nachdem später die medicinalpolizeilichen von den criminalrechtlichen ärztlichen Geschäften getrennt waren, zur Anstellung als Ober-Gerichts-Physicus (1853). Im Verlauf so vieler Jahre (1821—1868) gingen, was hier gleich erwähnt werden soll, eine ausserordentlich grosse Anzahl der wichtigsten und seltensten Criminalfälle, wie sie nur in grösseren Städten vorkommen, durch seine Hände. Ausser den vorzüglichen anatomischen und pathologischen Grundlagen seiner Sectionsprotocolle und Gutachten waren letztere mit ungewöhnlichem Scharfblick abgefasst. Einige Beispiele mögen hier aufgeführt werden. Bei dem seiner Zeit viel erörterten sog. Justizmord oder Doppelmord von Eldagsen** (1854) waren zwei Frauen mit durchschnittenem Halse und beraubt gefunden worden. Mein Vater schloss aus der vollkommenen Gleichartigkeit der beiden Halswunden, die so auffallend war, dass man dem zweiten Sectionsbericht einfach die Abschrift des ersten hätte substituiren können, es habe dieselbe Hand mit demselben Messer beide Verletzungen beigebracht. Die Geschworenen aber verurtheilten zwei Unschuldige, da es ihnen unwahrscheinlich vorkam, dass zwei Frauen von Einem Mörder sollten überwältigt worden sein. Einer der Verurtheilten hatte sich bereits im Gefängnisse erhängt, als der wirkliche Mörder ausfindig gemacht und geständig wurde. Man richtete ihn nach damaliger (1856) Methode mit dem Schwerte hin, welches von einem betrunkenen Scharfrichter geführt erst mit dem vierten Hiebe den Kopf vom Rumpfe trennte. Die frische Leiche konnte ich zu einigen Untersuchungen benutzen. — Das letzte gerichtsärztliche Gutachten

theilt von Dr. Krause zu Hannover in Langenbeck's neuer Bibliothek für Chirurgie. 1821. Bd. III. S. 347.

* Vielleicht ist es erwähnenswerth, dass der Regimentschirurgus Wreden zuerst auf dem Continent und zwar in Hannover die Einimpfung der echten Blattern vorgenommen hat. S. Blumenbach, Annalen der Braunschw.-Lüneburgischen Churlande. 1789.

** Die Justizmorde der Neuzeit aus allen Ländern. Leipzig 1868. 8. Heft, S. 185.

meines Vaters führte noch nach seinem Tode zum Geständniss der bis dahin hartnäckig leugnenden Angeklagten, die nach Vorlesung des Gutachtens vor dem Schwurgericht sogleich die Erklärung abgab: der Hergang (des Kindesmordes) sei gerade so gewesen, wie derselbe in dem Gutachten geschildert worden.

Mit der Anstellung als Landphysicus und der dadurch erreichten Sicherung des Lebensunterhaltes wurden die literarischen Versuche wieder aufgenommen. Chirurgische Beziehungen bietet ein längerer Artikel* über „Blutung". Auch wurden in dieser Zeit mehrere Recensionen veröffentlicht.

Das erste selbstständige Werk war dagegen eine historisch-kritische Untersuchung** über das Alter der Blattern. Der Gegenstand scheint für den früheren Kriegschirurgen und späteren Professor der Anatomie einigermassen fernliegend. Wahrscheinlich ist die Anregung aus der Jahrelang fortgesetzten Thätigkeit als Impfarzt hervorgegangen, die täglich von Neuem zu der Frage veranlasste: wie entstanden die Blattern und acuten Exantheme überhaupt? Die Antwort, welche mein Vater gab, gestützt auf eine ausgezeichnete Bibliothek, die aus Zimmermann's*** Nachlass in seinen Besitz übergegangen war, lautete mit einem Vers aus der Antigone: sie sind nicht von heute, sie sind nicht von gestern; Niemand weiss, woher sie kamen.

Mit anderen Worten: Die Blattern waren immer da und der angebliche Entstehungstermin (Belagerung von Mekka im Jahre 569 oder 572) nichts als eine Epidemie, in welcher die Aerzte die Besonderheit der Erkrankung zum ersten Male gehörig würdigten. Wie die Habessinier von den Blattern überrascht wurden, erzählt El Hamisy bekanntlich folgendermassen: Ein Zug übernatürlicher Vögel, Ababil genannt (der persische Ausdruck für Blattern), mit schwarzem oder grünem Gefieder und weissen oder gelben Schnäbeln, kam von der See her. Ein jeder trug im Schnabel und in den Klauen kleine Steine von der Grösse einer Erbse, welche er auf die Habessinier fallen liess; diese durchbohrten die Rüstungen, tödteten das ganze Heer und nöthigten dessen Anführer, ganz allein die Flucht zu ergreifen, auf welcher er ebenfalls von einem solchen Steine getroffen wurde. Obgleich schon Arrasi an diesen naiven Mythus nicht glauben wollte, sondern Galen's Bekanntschaft mit den Blattern vertheidigte, war solche Lehre doch allmälig die

* Ersch und Gruber, Allgemeine Encyclopädie. Bd. XI. 1823. S. 96.

** Ueber das Alter der Menschenpocken und anderer exanthematischer Krankheiten. Historisch-kritische Untersuchung von C. Fr. Th. Krause, Landphysicus und Lehrer der chirurgischen Schule. Hannover, Hahn 1825. 188 S. in 8.

*** Geboren 1728 im Canton Bern, Schüler von Haller und Verfasser der berühmten Dissertatio physiologica in irritabilitate. Gotting. 1751. Als Leibmedicus in Hannover wurde er an das Sterbebette Friedrich des Grossen berufen; er starb 1795. S. die von seinem Freunde Tissot verfasste Biographie. Hannover, Hahn 1797.

herrschende geworden. Durch die genannte Monographie wurde dagegen gezeigt, dass die Spuren dieses Exanthems sich bis in's früheste Alterthum verfolgen lassen und z. B. die bekannte Pest des Thucydides wahrscheinlich eine solche Epidemie gewesen ist. Obgleich u. A. Hecker* in warmen Worten die Richtigkeit anerkannte, haben doch Viele an den hergebrachten Ansichten festgehalten. Wer wird wohl heute daran zweifeln, dass ein scharfer Blick damals das Richtige erkannte? Man braucht nur an die Trichinose zu denken, über welche nicht einmal Laien Zweifel hegen, dass sie im Jahre 1860 nicht entstanden, sondern nur entdeckt worden ist. Einige Jahre später erschien auf demselben Gebiete ausser populär gehaltenen Mittheilungen** daraus eine Uebersetzung der Schrift von Möhl*** über Varioloiden und Varicellen. Zahlreiche kritische Bemerkungen und eigene Beobachtungen, denen Anmerkungen von Stieglitz angereiht wurden, bilden eine Zierde der kleinen Abhandlung. Hiermit fand jedoch die Thätigkeit auf historisch-medicinischem Felde ihren Abschluss, denn es eröffnete sich eine neue Bahn in Bezug auf Anatomie.

Im Jahre 1825 wurde die „chirurgische Schule" zu Hannover von Neuem errichtet. Es hatte daselbst seit 1716 ein Collegium anatomico-chirurgicum bestanden, welches namentlich ein gut eingerichtetes anatomisches Theater besass. Unter dem Druck der Kriegsjahre und der verschiedenen Occupationen, welche die Stadt im Anfang des Jahrhunderts durchzumachen hatte, war dieses Institut ziemlich in Verfall gerathen und daher 1825 einer vollständigen Reformation unterzogen. Es sollten darin sog. Chirurgen erster Classe gebildet werden, welche alle mit chirurgischen Leiden in Verbindung stehenden inneren Krankheiten selbstständig behandeln durften. Aus dieser dehnbaren Bestimmung resultirte in praktischer Hinsicht, dass solche Chirurgen sich nur an Orten niederliessen, wo es keinen Arzt gab, und dann vollständig wie promovirte Doctoren functionirten. Es war ein Nothbehelf, wie er in dem dünnbevölkerten, viele Jahre lang ausgesogenen Lande nicht besser erdacht werden konnte. Für ihre wichtige Aufgabe wurden die Schüler jedoch auch genügend ausgerüstet durch eine so vollständige Vertretung der Lehrfächer, wie sie auf manchen Hochschulen nicht vorhanden sein mochte. Für die Naturwissenschaften gab es besondere Lehr-Apparate, für Anatomie und Physiologie ein eigenes Gebäude, eine reichliche Anzahl von Leichen und eine von meinem Vater geschaffene anatomische

* Hecker's literarische Annalen der gesammten Heilkunde. 1825. S. 190—208.

** Hannoversches Magazin 1828. Ueber Kuhpocken und Windpocken von Dr. C. Krause.

*** De varioloidibus et varicellis, scripsit N. C. Möhl, Hafniae, Gyldendahl. 1827. Ueber die Varioloiden und Varicellen, übersetzt und mit Anmerkungen und Zusätzen herausgegeben von C. Fr. Th. Krause. Hannover, Hahn. 1828. 95 S. 8.

Mustersammlung. Die Pathologie, Chirurgie, Geburtshülfe waren den Directoren der grösseren Hospitäler Hannovers übertragen und wurden in theoretischen Vorträgen wie am Krankenbette in einer Vollständigkeit gelehrt, die, was das Material anbetrifft, den meisten kleineren Universitäten überlegen war, während es auf manchen der letzteren selbst in den wichtigsten Fächern an jeder Anschauung fehlte. Man sieht, der Lehrkörper der chirurgischen Schule repräsentirte factisch eine medicinische Facultät und Namen wie Wedemeyer, Spangenberg, Stieglitz, Baring, Holscher, Stromeyer, Kohlrausch u. s. w., um in spätere Jahre vorzugreifen, waren auch auswärts in ärztlichen Kreisen nicht ganz unbekannt.

Bei der Neubegründung dieser chirurgischen Hochschule wurden dem Medicinalrath und Hofmedicus Dr. Heine neben der Direction der Königl. Entbindungsanstalt auch die anatomischen Vorträge übertragen. Zum Prosector wählte sich Heine (1825) meinen Vater, der damit zugleich die Leitung des Secirsaales, sowie einen Theil der Vorträge über Anatomie nebst Physiologie erhielt. Schon seit seiner Niederlassung in Hannover (Herbst 1820) hatte er an der anatomischen Anstalt, welcher eine von der chirurgischen Schule unabhängige Existenz zukam, die Functionen eines Prosectors vollständig übernommen, und ausserdem seit 1825 auch über allgemeine Chirurgie und specielle Therapie gelesen. Bald wendete er sich jedoch auf's Entschiedenste der Anatomie zu, namentlich unter Ablehnung aller zeitraubenden geburtshülflichen und chirurgischen Thätigkeit, während die übrige Praxis sich von Jahr zu Jahr vermehrte.

Das Jahr 1828 wurde in verschiedenen Richtungen ein bedeutungsvoller Wendepunkt. Es starb im Januar mein Grossvater, der Superintendent zu Göttingen J. C. H. Krause. Am Schluss des Jahres verlobte sich mein Vater mit meiner noch lebenden Mutter Johanne, der einzigen Tochter des genannten Medicinalraths Heine. Jm folgenden Jahr wurde er zum Professor der Anatomie und Physiologie ernannt und am 30. October 1829 fand die Hochzeit zu Hannover statt.

Wie dürfte ich bei dieser glücklichen Ehe verweilen! Noch kürzlich äusserte eine langjährige Freundin des Hauses: das alte Ehepaar hätte einen immerwährenden Brautstand mit einander geführt. Im Jahre 1831 starb die Mutter meines Vaters zu Göttingen und sein neugeborener erster Sohn, kaum ein halbes Jahr alt. Letzterer Verlust wurde später durch die Geburt eines anderen Sohnes und einer Tochter, welche zu Hannover lebt, einigermassen ersetzt.

Die anhaltende Beschäftigung mit Anatomie begann jetzt Früchte zu tragen und im Jahre 1831 publicirte Stieglitz* eine Mittheilung meines Vaters über die Wirkung der Mm. ischiocavernosi. Dieselbe stützte sich auf

* Pathologische Untersuchungen. Hannover, 1832. Bd. I. S. 188.

eine genauere anatomische Ermittelung der bis dahin unbekannten sehnigen Ausbreitung dieses Muskels, und ist bekanntlich die Grundlage einer mehr als 20 Jahre lang alleinherrschenden Theorie geworden. Stieglitz gab an demselben Orte einen Abdruck aus der einige Monate früher versendeten Abhandlung von Houston, der einen Muskel beschrieben hatte, welcher beim Menschen nicht existirt. Es ist ein nicht immer beachtetes Verdienst meines Vaters*, auf den an einem sehr versteckten Orte (Dublin hospital reports 1830) befindlichen Aufsatz Houston's aufmerksam gemacht zu haben.

In demselben Jahre erschien die erste anatomische Abhandlung** über die Gestalt und Dimensionen des Auges. Mit einem Schlage erlangte dadurch der bis dahin auf anatomischem Gebiete nach auswärts gänzlich unbekannte Verfasser eine solche Stellung, dass er als der tüchtigste unter den damals jungen Anatomen und Physiologen Deutschlands angesehen wurde. Wenigstens versicherten dieses erfahrene auswärtige Praktiker, die zu jener Zeit schon reife Männer waren, jetzt freilich bald ausgestorben sein werden. Ihren Erfolg verdankte die Arbeit offenbar folgenden Umständen. Mit Hülfe der feinsten und bis dahin niemals angewendeten micrometrischen Methoden, sowie des Calculs waren die in optischer Beziehung wichtigen Dimensionen und Krümmungsflächen des menschlichen Auges mit kaum zu übertreffender Genauigkeit ermittelt. Man kann geradezu sagen, dass manche Werthe, insofern dieselben nur am geöffneten Bulbus zu erhalten sind, ein für allemal festgestellt wurden, wie sie in der That noch heute in jedem Lehrbuch recipirt werden. Andererseits aber fiel eine so exacte Leistung in eine Zeit, als auf den meisten deutschen Universitäten die Lehrstühle noch in den Händen von „Naturphilosophen“ waren, und das wenige Jahre früher erschienene Werk von Burdach ein Alles umfassendes Handbuch der Physiologie darstellte. Um so begieriger mussten daher Diejenigen, welche einer gleichen Richtung sich bewusst waren, nach ferneren Leistungen des aufstrebenden Talentes ausschauen. Und solche liessen nicht auf sich warten, obgleich zunächst äussere Störungen eintraten. Anfang 1833 starb der Medicinalrath Heine und hinterliess seinem Schwiegersohne das ungetheilte Directorium der Anatomie, sowie eine sehr ausgedehnte alle Lebenskreise umfassende Privat-Praxis. Der spätere Leibmedicus Baring trat in die freigewordene Stelle eines Prosectors. Mein Grossvater Heine hat nur eine Dissertation*** und eine Ueber-

* Handbuch der Anatomie. Erste Auflage. 1833. S XVIII.

** Meckel's Archiv f. Anat. u. Physiol. 1832. Bd. VI., S. 86. S. auch Poggendorff's Annalen der Physik. 1833. Bd. XXXI. S. 93. Fortsetzung in Poggendorff's Annalen. 1836. Bd. XXXIX. S. 529.

*** De vasorum absorbentium ad rhachitidem procreandam potentia, auct. Ernest. Frieder. Guilielm. Heine. Diss. inaug. Gotting. 1792.

setzung* eines kleinen psychiatrischen Werkes geschrieben. Seine an der chirurgischen Schule gehaltenen Vorlesungen über Geburtshülfe** wurden als posthumes Werk nach einem Collegienheft herausgegeben. Es geschah dies jedoch ohne Autorisation und gegen die ausdrückliche Testaments-Bestimmung des Autors, so dass der anonyme Herausgeber damals desavouirt werden musste. Durch den Tod von Heine gelangte mein Vater aber auch in die ärztliche Prüfungsbehörde. Dies war eine aus praktischen Aerzten Hannovers zusammengesetzte Commission, welche die medicinischen Staatsexamina vorzunehmen hatte. Von dem Bestehen dieser Prüfung hing die Zulassung zur Praxis, von dem erhaltenen Zeugniss oft das ganze spätere Schicksal des betreffenden Arztes ab — in Folge von Einrichtungen, die unten noch erwähnt werden sollen. Kurze Zeit war die neue Besetzung erfolgt, als sich die Meinung verbreitete, gründliche anatomische Kenntnisse wären für einen Jeden ganz unentbehrlich, der sich mit Erfolg der hannoverschen Staatsprüfung unterziehen wolle. Unter den vielen in späterer Zeit von meinem Vater Examinirten mögen hier nur Frerichs und Bernhard Langenbeck erwähnt werden.

Trotz dieser vermehrten praktischen Thätigkeit erschien 1833 der erste Theil des anatomischen Handbuchs.*** Derselbe enthielt die allgemeine Anatomie, Osteologie und Myologie. Drei Jahre später kam die Splanchnologie, sowie 1838 die Angiologie und Neurologie heraus. Das Werk fand allgemeine und ungetheilteste Anerkennung. Von Seiten der Regierung erfolgte die Ernennung des Verfassers zum Medicinalrath (1836), durch eine Anzahl gelehrter Gesellschaften**** zu ihrem Mitgliede; mit sehr vielen der bedeutendsten Anatomen, Physiologen, Chirurgen Deutschlands entspann sich ein lebhafter Briefwechsel, der zum Theil bis in späte Zeit fortgedauert hat. Als an der Correspondenz betheiligt mögen hier nur Dieffenbach, Tiede-

* Annalen einer Anstalt für Wahnsinnige von W. Perfect. Aus dem Englischen von E. F. W. Heine, Lehrer d. Anat. u. Chir. zu Hannover, Kgl. u. churfürstl. Hofmedicus u. d. Kgl. Gesellsch. zu Edinb. Mitglied. Hannover, Hahn. 1804.

** Leitfaden der Entbindungskunst, bearbeitet nach den Vorlesungen des Dr. Heine, Kgl. Hannöv. Obermedicinalrath und Hofaccoucheur. Braunschweig 1835.

*** Handbuch der menschlichen Anatomie von C. Fr. Th. Krause. Hannover, Hahn.

**** Physikalisch-medicinische Societät zu Erlangen (1830), Naturhistorische Gesellschaft zu Hannover (1832), Historischer Verein für Niedersachsen (1835), Kaiserl. Leopold.-Carol. Akademie der Naturforscher (1838) mit dem Beinamen Fabricius ab Aquapendente, Göttingischer Verein für Natur- und Heilkunde (1839), Apotheker-Verein für Norddeutschland (1839), Naturforschende Gesellschaft zu Halle (1839), Deutscher Verein für Heilwissenschaft (1843), Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen (1852) in selten vorkommender einstimmiger Wahl als deren einziges im Lande Hannover lebendes wirkliches Mitglied der physicalischen Classe, endlich (1865) die k. k. geologische Reichsanstalt zu Wien.

mann, Joh. Müller (von dem eine grosse Anzahl der herzlichsten Briefe vorliegen), E. H. Weber, Eschricht, Hyrtl, unter den Göttingern R. Wagner, Fuchs, v. Siebold etc., um von den Lebenden ganz zu schweigen, erwähnt werden. Mit vielen der Genannten und anderen Gelehrten, unter denen die Gebrüder Weber hervorzuheben sind, fand auch persönliche Freundschaft statt, die theils bei Gelegenheit der 100jährigen Jubelfeier der Universität zu Göttingen (1837), theils auf Reisen nach Berlin (1835, 1838, 1843), theils auf den Naturforscher-Versammlungen zu Pyrmont (1839), Braunschweig (1841) und Göttingen (1854) sich ausbildete. Die Recensionen, auf welche man damals, weil keine regelmässigen Jahresberichte existirten, noch etwas geben konnte, selbst wenn sie anonym waren, harmonirten in ihrem Lobe. Auf das Buch darf vielleicht ein bekanntes Wort Rudolphi's angewendet werden, welches viele Jahre lang Gültigkeit behielt und sie theilweise noch heute haben mag. Wenn man die Verfasser anderer anatomischer Lehrbücher gefragt hätte, welches sie — von ihrem eigenen ganz abgesehen — für das beste hielten, so würde das hier besprochene mit Einstimmigkeit dafür erklärt worden sein.

Um das Gesagte zu motiviren, mag es erlaubt sein, einige briefliche Mittheilungen zu erwähnen, welche die vollste Anerkennung ausdrücken. So schrieb Blumenbach: „— Dank für die frohe Ueberraschung, die Sie mir durch den ersten Theil Ihres vortrefflichen Handbuchs bereitet haben, worin ich die präjudizlose klare Darstellung und das gründliche Studium der Literatur aufrichtig bewundere. Noch habe ich es zwar nur durchblättern (oder wie Bayle es nannte, mit den Fingern lesen können), aber es wird nicht aus meiner Arbeitsstube kommen.“ Ferner Dieffenbach: „Sie sind der Rathgeber, den ich so oft befrage.“ Der jetzt berühmteste Anatom: „Ich weiss nur, dass Ihr Werk bald die alleinige Anatomie in ganz Deutschland sein wird.“ Bei dieser Gelegenheit darf vielleicht ein anderes Wort eines anatomischen Lehrers angeführt werden, weil es so gut zu passen scheint, obgleich dasselbe ursprünglich auf einen ganz fernliegenden Gegenstand angewendet wurde: „Prunklose Wahrheit begleitet überall den Verfasser. Die zahlreichen, oft interessanten Beobachtungen wollte er nicht dazu benutzen, um ein glänzendes systematisches Gebäude aufzuführen; er begnügte sich damit, treulich darzustellen, was er in so vielen Jahren zu sehen Gelegenheit hatte und wie reifere Erfahrung sein Urtheil leitete. Trefflich sind aber die häufig eingestreuten Bemerkungen, welche zeigen, wie sehr dennoch der Verf. sich bemühte, Belesenheit, Erfahrung und eigenes Nachdenken zu vereinigen, um bleibende Resultate zu liefern.“ Auch soll nicht versäumt werden, eine für den unvergesslichen Joh. Müller characteristische Bemerkung aufzubewahren: „Ich sehne mich danach, Sie zu sehen. Jetzt (1847) macht mir das grosse fossile Skelett des Hydrarchus viel zu schaffen. — Ich habe schon einige Monate darüber gesessen, so dass ich fast nichts mehr denken und

träumen kann, als von diesem Ungeheuer.“ Von Studenten liefen höchst ergötzliche anonyme Briefe ein, welche das baldige Erscheinen der sich verspätenden Schluss-Lieferungen dringend befürworteten. Man muss dabei bedenken, dass zu jener Zeit keine besseren als die Compendien von Rosenmüller und Hempel die weiteste Verbreitung hatten.

Nachdem so lange Zeit verstrichen, ist es selbst für den Anatomen von Fach schwierig, die Gründe zu ermitteln, welche den geschilderten Erfolg des Handbuchs im Einzelnen bedingten, da es auf einem Gebiete, wo der Inhalt des Mitzutheilenden gewöhnlich seit Jahrhunderten feststeht, zum Theil nur um die Form der Darstellung sich handelt.

Vor Allem ist hervorzuheben, dass dieses anatomische Handbuch durch und durch ein Originalwerk war. Auch der Unkundige vermag es in jedem Satze herauszufühlen, dass hier eine im Secirsaale, nicht am Studirtisch verfasste Beschreibung vorliegt. Nirgends ist eine Spur vorhanden von dem in kleinen Compilationen so häufig zu erkennenden Verfahren: eine Darstellung zu liefern nach vorgängiger Lectüre des betreffenden Abschnitts bei einer Anzahl von Vorgängern. Vielmehr erscheint jeder Satz aus directer, oft wiederholter Beobachtung an der Leiche entnommen, als ob nur zu dem Zwecke präparirt worden wäre, um gerade diesen Muskel oder jenen Knochen-Vorsprung zu untersuchen.

Dann ist die Klarheit der Sprache zu berücksichtigen. Die gewählte auf diesem Gebiete besonders wichtige Nomenclatur ist später vielfach adoptirt worden. Hiervon abgesehen, so könnte in dem eindringlichen bündigen Style nirgends ein Passus entbehrt werden, und es liegt darin eine Probe der schweren Kunst vor: mit wenig Worten viel zu sagen. Schon damals war die Anzahl der bekannt gewordenen anatomischen Thatsachen viel zu gross, als dass jede derselben für den praktischen Arzt oder Chirurgen resp. Gerichtsarzt wissenswerth sein konnte. Da es nun offenbar durchaus nothwendig ist, dass der Praktiker die nöthigen anatomischen Kenntnisse aus einem Buche schöpft, welches während seines ganzen Lebens vor Operationen etc. zur Recapitulation dienen kann und dafür hinreicht, so erschien die Auswahl der aufzunehmenden Thatsachen von grösster Wichtigkeit. Wie richtig sie getroffen wurde, bezeugen noch heutzutage die erfahrensten Chirurgen und sogar Anatomen, die sich für ihre Vorlesungen vorzubereiten pflegen. Es kam hierbei offenbar der eigenthümlich günstige Umstand zu Statten, dass der Verfasser in Wedemeyer's und Langenbeck's Schule resp. in grossen Kriegshospitälern sich mit Chirurgie beschäftigt hatte, und dann so viele Jahre lang zu den thätigsten Praktikern und Gerichtsärzten einer Stadt gehörte, welche allmälig bis auf 80,000 Einwohner heranwuchs.

Einen ganz besonderen Vorzug erhielt das Handbuch durch consequente Anwendung des Microscops. Man muss sich erinnern, dass letzteres — wie

freilich bei einigen Praktikern in weniger civilisirten Gegenden auch heute noch — für ein nebuloses Instrument galt, mit dem Jeder sehen könne, was er wolle. Für uns Jüngere liegt es nahe zu glauben, z. B. die Bindegewebsfibrillen müssten mindestens schon Leeuwenhoek bekannt gewesen sein und doch bildet die Endeckung derselben eine Zierde der ersten Auflage der allgemeinen Anatomie. Ferner ist die bereits erwähnte einfache und doch so tiefgreifende Beobachtung hervorzuheben, dass der Herzmuskel aus quergestreiften Fasern besteht, was bald darauf* bestätigt worden ist. Nicht nur die allgemeine Anatomie, sondern auch die specielle und namentlich die Splanchnologie waren zum ersten Male in völlig homogener Weise mit Benutzung des Microscops durchgearbeitet. Eine überraschend grosse Anzahl von macroscopischen wie microscopischen Messungen, von sorgfältigen Angaben über absolute und specifische Gewichte waren überall eingestreut und finden sich noch heutzutage fast in jedem Lehrbuche wiederholt, wie es lange Zeit hindurch selbst in den besten physiologischen Werken nicht minder der Fall gewesen ist.

Ausserdem wurden, da noch keine Lehrbücher der physiologischen Chemie existirten und die Physiologie wie gesagt überhaupt in den Banden der Naturphilosophie lag, die damals bekannten chemischen Thatsachen ausführlich reproducirt. Einen späten Nachklang dieses Verfahrens findet man in Frey's neuerdings durchgeführter Combination von Histochemie und Histologie in demselben Handbuche. Die einem morphologischen Werke so leicht anklebende Trockenheit war durch in die Darstellung verflochtene physiologische Hinweisungen glücklich vermieden. Von neuen resp. zum ersten Male in einem anatomischen Handbuch aufgeführten Angaben sind die schon erwähnten über die Dimensionen des Auges, Mm. ischiocavernosi, und den als Varietät nicht seltenen M. coracocervicalis Krause zu nennen.

Die Brauchbarkeit wurde noch erhöht durch topographische Abschnitte, welche namentlich in der Muskel- und Eingeweidelehre sich eingestreut finden. Zum ersten Male konnte eine zusammenhängende Uebersicht der Muskelthätigkeit bei den einfachen und zusammengesetzten Bewegungen gegeben werden, welcher Abschnitt seitdem keine neue Bearbeitung im Ganzen erfahren hat. Man muss sich erinnern, dass die Weber'schen Untersuchungen über die Mechanik der Gehwerkzeuge erst später erschienen. Auch die zahlreichen Tabellen in Betreff von Anastomosen der Arterien, das Verhältniss der Muskelansätze, durchtretenden Gefässe und Nerven zu den einzelnen Knochen, über die Gefässe und Nerven sämmtlicher Organe des Körpers haben eine wesentlich topographische Tendenz. Endlich sind die ausführlichen Literatur-Verzeichnisse zu erwähnen.

* S. Henle, Allgemeine Anatomie. S. 612.

Im Jahre 1834 erschien ferner ein kleiner Aufsatz*, aus welchem hie nur eine erste Bestätigung des Ganglion jugulare N. glossopharyngei hervor zuheben ist. Damals entspann sich eine Controverse mit Ehrenberg übe die Varicositäten der feinen dunkelrandigen Nervenfibrillen in den Central organen, welche mein Vater** für Kunstproducte erklärte, die durch Zusat von Wasser oder dergl. erzeugt würden. Wie richtig er gesehen, geht heut aus den Angaben eines jeden Lehrbuches hervor, obgleich damals Manch auf Ehrenberg's Seite Parthei ergriffen. In diesem Aufsatze klingen einig Stellen, als ob sie gestern geschrieben wären: „Man muss zur Anfeuchtun und Ausbreitung der Theile, wo solches nöthig ist, frisches Blutserum, ode das frische Serum gesunder seröser Häute oder mit Eiweiss der Eier ve setztes Wasser nehmen. — Zweitens scheint mir die Bedeckung mit Glas scheiben verwerflich, wenn diese auch noch so dünn sind; eine jede Deh nung und Pressung ist möglichst zu vermeiden etc.“

Im Jahre 1835 wurde Kohlrausch Prosector in Hannover, als Barin diese Stellung aufgab. Im folgenden Jahre veröffentlichte Letzterer*** ein Abhandlung meines Vaters über die Structur des Markschwammes. Dieselb enthält die Entdeckung der später seit Joh. Müller so vielfach erörterte Zellen dieser Geschwülste, sowie der microscopischen Capillar-Verzweigunge Auch über die Melanosen der Schimmel finden sich daselbst (S. 274) ihre Zeit weit vorauf eilende Bemerkungen.

Bald darauf erschienen einige kleine Recensionen†, sowie ein grössere Aufsatz†† über anatomische Gegenstände. In letzterem war die Entdeckun der Lymphgefässanfänge in den Darmzotten enthalten, welche zu derselbe Zeit auch von anderer Seite gemacht wurde. Ferner eine richtigere Be schreibung der Schnecke, namentlich des Scyphulus und der Columella Krause Untersuchungen über die Thymus, die Drüsen des Darmkanals; Constatirun

* Anatomische Bemerkungen von Dr. C. Krause, Professor in Hannover, i Hecker's wissensch. Annal. d. gesammt. Heilkunde. Berlin 1834. Bd. XXVII S. 141—145.

** Einige Bemerkungen über die feinsten Nervenfasern von C. Krause, i Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie. 1834. Bd. XXXI. S. 114—11 Fg. 1 u. 2. — Erläuterungen zu den Aufsätzen, die Hirn- u. Nervenfasern betreffen von C. Krause in Poggendorff's Annal. Bd. XXXII. S. 76.

*** Microscopische Untersuchung des Markschwamms in Holscher's Hannove schen Annalen für die gesammte Heilkunde. 1836. Bd. I. S. 263—266.

† R. Wagner, Prodromus generat. hominis atque animalium, recens. vom M dicinalrath Krause in Holscher's Hannoverschen Annalen. 1837. Bd. II. S. 132- 137. Eulenberg, De tela elastica, recens. von Demselben. S. 137—141.

†† Beobachtungen und Bemerkungen anatomisch-physiologischen Inhalts, vo C. Fr. Th. Krause, Prof. der Anatomie, in Joh. Müller's Arch. f. Anat. u. Physiol. 183 36 S. mit II Tafeln.

der Reaction des Pancreassafts während der Verdauung bei einem Selbstmörder; Beschreibung der Gefässvertheilung in der Niere, Injectionen der Samencanälchen, Abbildungen vom Säugethierei und den Mm. ischiocavernosi. Die Arbeiten über einen acinösen Bau der Leber fanden die Zustimmung Joh. Müller's nach eigenen Untersuchungen. Bald folgte darauf ein Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie während des Jahres 1838 im Archiv f. Anat. u. Physiol., in welchem diese mit der Entwickelungsgeschichte harmonirende Ansicht weiter begründet wurde. Der erwähnte Bericht ist reich an feineren Einzelbeobachtungen, die daselbst zuerst mitgetheilt wurden.

Die weiteren Forschungen erlitten eine kurze Unterbrechung durch eine nicht unbedenkliche Erkrankung am Typhus, welche mein Vater unter Stieglitz's Behandlung im Winter 1838—39 glücklich überstand. Es gehört zu meinen frühesten Erinnerungen, wie Stieglitz mir die Blutegel schenkte, nachdem sie zufolge der damaligen Therapie ihre Dienste gethan hatten. Der Letztgenannte repräsentirte noch den Typus eines Arztes aus der alten Zeit, den man sich nicht anders denkt, als im blauen Frack, weisser Halsbinde und mit einem dicken Stocke nebst goldenem Knopfe ausgerüstet. Es war zugleich ein Zeichen der Dankbarkeit, dass zu Stieglitz's Doctor-Jubiläum eine lateinische Gratulationsschrift* erschien, deren eleganter Styl von Kennern bewundert worden ist. In dieser mit einer sehr bekannten und oft reproducirten Tafel ausgestatteten Monographie zeigte sich die ganze Meisterschaft der feinsten anatomischen Technik. Die zu Grunde liegenden Präparate befinden sich noch in der anatomischen Sammlung zu Hannover; was aus denselben werden wird, ist unbekannt. Kürzlich hiess es, die mit schönen Arbeitsräumen ausgestattete Anstalt sollte dem stets begehrlichen Kriegsgott zum Opfer fallen, da ihre Lage sie zu einer Kaserne vortrefflich geeignet macht. Damals, wenn nicht schon früher, scheinen auch mustergültige Präparate vom häutigen Labyrinth des Erwachsenen dargestellt worden zu sein, welche die Canales semicirculares membranaceae im Zusammenhange mit den Sacculis frei flottirend darstellen, und von heute noch nicht übertroffener Schönheit sind.

Nach solchen Vorarbeiten erschien das unterdessen rasch vergriffene Handbuch der Anatomie in zweiter Auflage**. Der Plan und die Darstellung waren unverändert geblieben. Mit noch grösserem Rechte aber konnte das Werk in der Vorrede als ein durchaus nach eigenen Untersuchungen und mit besonderer Rücksicht auf das Bedürfniss der Studirenden, der praktischen

* Synopsis icone illustrata nervorum systematis gangliosi in capite hominis, auctore C. F. Th. Krause. Hannoverae, 1839. Fol.

** Handbuch der menschlichen Anatomie. Zweite Auflage. Allgemeine Anatomie, Osteologie, Myologie 1841. Splanchnologie, Angiologie 1842. Neurologie 1843.

Aerzte und Wundärzte und der Gerichtsärzte verfasstes bezeichnet werden, in welchem zugleich die Resultate der nunmehr 21 Jahre lang mit Eifer und Liebe fortgesetzten eigenen Forschungen, soweit sie in den Bereich dieses Handbuchs gehörten, niedergelegt werden sollten. Auch noch nicht veröffentlichte Entdeckungen fehlten in demselben nicht. In der Umschlagsfalte der Conjunctiva waren acinöse, zum Theil reihenweise angeordnete Drüsen* aufgefunden. Ferner wurde die Aufeinanderfolge der Retina-Schichten genauer ermittelt und eine unzweifelhafte** Beschreibung der Ganglienzellen (Stratum globulosum) gegeben. Auch ist die Entdeckung von Ganglienzellen*** im Orbiculus ciliaris hervorzuheben. Einen eigenthümlichen Eindruck macht es heutzutage, dass zufolge des Haupteinwurfs, den R. Wagner in einer übrigens sehr anerkennend gehaltenen Recension**** der allgemeinen Anatomie erhob, der Verfasser getadelt werden sollte, weil er freie Endigungen der höheren Sinnesnerven und nicht die (von Wagner damals adoptirten) Endschlingen beschrieben hatte.

Kaum war die zweite Auflage der Anatomie ein Jahr lang vollendet, als wiederum eine grosse Arbeit erschien, die ohne Zweifel zu dem Vollendetsten gehört, was in jener Zeit auf physiologischem Gebiet geleistet wurde. Eine mit allen Hülfsmitteln der exacten chemisch-physikalischen Forschung angestellte Untersuchung über die physiologischen Functionen der menschlichen Haut† erhellte den für die medicinische Praxis so hochwichtigen Gegenstand. Ein späteres (1868) sachverständiges Urtheil sagte darüber: Wie physiologische Fragen auf anatomischer Grundlage zu erörtern seien, dafür stellte Krause in diesem Artikel ein Muster auf.“ In dem anatomischen Theile wurde die relative und absolute Häufigkeit der Schweissdrüsen an verschiedenen Körperstellen festgestellt, und die für deren Differenzen an verschiedenen Körperstellen ermittelten Werthe werden noch heute in allen Lehrbüchern reproducirt. In derselben Weise wurden die verschiedenen Dicken der Epidermis ermittelt. Zum ersten Male findet sich hier die später so vielfach benutzte Färbung der Zellengrenzen durch salpetersaures Silber, welche als von Zersetzung des Salzes und Ablagerung reducirten Silbers herrührend erkannt wurde. Auch über die Ursache der Hautfarbe der Neger etc. wurden Beobachtungen mitgetheilt.

* Sie werden gewöhnlich die Krause'schen Drüsen genannt. Ausser denselben kommen in der Conjunctiva des Menschen nur noch Lymphfollikel vor, welche daselbst von mir zuerst beschrieben und als normale Gebilde erkannt worden sind.

** S. W. Krause, die Membrana fenestrata der Retina. 1868. S. 38.

*** S. W. Krause, Anatomische Untersuchungen. 1861. S. 91.

**** Götting. gelehrt. Anzeigen. 1841. S. 1019.

† Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. 1. S. 108—186. 1844.

Im physiologischen Abschnitt konnte nachgewiesen werden, dass die Hornschicht der Epidermis selbst an denjenigen Körperstellen, wo sie sehr dünn ist, für tropfbare Flüssigkeiten vollkommen undurchdringlich sich herausstellt — nicht aber für Gase. Dieser Satz ist von Seiten der Balneotherapie erst viel später anerkannt worden. Im Secret der Schweissdrüsen wurde dagegen etwas Fett nachgewiesen. In Betreff der Hautausdünstung endlich liess sich zeigen, dass deren Betrag viel zu bedeutend sei, um aus den in den Schweissdrüsen-Mündungen enthaltenen Verdunstungsflächen abgeleitet werden zu können. Der Hauptantheil ist daher auf die Permeabilität der Epidermis für Wassergas und andere elastisch-flüssige Körper zu schreiben.

Durch alle diese Arbeiten war mein Vater der wissenschaftlichen Welt sehr bekannt geworden. Ausser dem Handbuch lagen mehr als 20 kleinere und grössere Abhandlungen vor, unter welchen die Messungen am Auge (1832—1836), die Schrift über das Gangliennervensystem des menschlichen Kopfes (1839) und die Physiologie der Haut (1844) offenbar ersten Ranges waren. Auf anatomischem Gebiete waren als Entdeckungen (1833) anerkannt: die Bindegewebsfibrillen, die Querstreifung der Herzmuskelfasern und der M. coraco-cervicalis. Dazu kamen die Zellen des Carcinoma medullare (1836), die Lymphgefässe in den Darmzotten (1837) und 1842 die acinösen Drüsen der Conjunctiva, der Keilbein- und Siebbeinhöhlen, sowie die Ganglienzellenschicht der Retina, die Nervenzellen des Orbiculus ciliaris und vieles Andere.

Eine so vielseitige wissenschaftliche Thätigkeit führte anderswo zu dem Wunsche, einen unter den ausgezeichneten deutschen Anatomen hervorragenden Mann von Hannover fortzuziehen. Es erfolgte 1844 ein Ruf als Ordinarius für Anatomie nach Tübingen. Die hannoversche Regierung bot jedoch Alles auf, die Annahme zu verhindern; auf speciellen Wunsch des Königs wurden Mittel gefunden, um den Gehalt als Professor entsprechend zu erhöhen. Seit dieser Zeit suchte Ernst August bei jeder Gelegenheit an den Tag zu legen, wie hoch er den Anatomen seiner Residenzstadt zu schätzen wisse. Jene Umstände würden für sich allein schwerlich vermocht haben, von der rein wissenschaftlichen Bahn abzulenken, wenn nicht die Rücksicht auf meine Mutter dazu gekommen wäre, deren zarte Gesundheit eine Uebersiedelung nach Süddeutschland ernstlich zu widerrathen schien. Ein später erfolgter Ruf nach Dorpat wurde aus denselben Gründen abgelehnt.

Das Jahr 1845 brachte noch eine Untersuchung über die Kartoffelkrankheit*, bei welcher damals viel erörterten scheinbar neuen Epidemie microscopische Pilze in den Knollen erkannt wurden; sowie eine Abhandlung** über den acinösen Bau der Leber. Mit dieser letzten selbstständigen Arbeit schliesst die Reihe

* Holscher's hannoversche Annalen für die gesammte Heilkunde. 1845. S. 500—507.

** Joh. Müller's Archiv f. Anat. und Physiol. 1845. S. 524.

von wissenschaftlichen Publicationen; jedoch wurden noch in Tiedemann's* Arterientafeln drei Fälle von Varietäten veröffentlicht, welche zu den äusserst seltenen gehören. Der erste betrifft den Ursprung der A. ophthalmica aus der A. meningea media; der zweite die Entstehung einer oberflächlich verlaufenden A. radialis aus der A. subscapularis, der dritte die Ersetzung der A. radialis am Handgelenk durch die A. interossea antibrachii.

Als auch die zweite Auflage des Handbuches wiederum vergriffen war, pflegte das Buch auf Auctionen mit dem Doppelten des Ladenpreises bezahlt zu werden. Auch von Fremden wurde der Werth desselben gewürdigt und z. B. durch Jaziin eine Uebersetzung in's Russische (1848) besorgt. Trotz vielfacher und dringender Aufforderungen stand der Entschluss fest, keine weitere Auflage zu veranstalten. Der Grund hiervon ist wohl in dem Umstande zu suchen, dass eine neue Organisation des hannoverschen Medicinalwesens alle noch verfügbare Zeit meines Vaters auf's Aeusserste in Anspruch nahm. Wegen der gerichtsärztlichen Geschäfte, der Vorträge über Anatomie und Physiologie und der von Jahr zu Jahr sich ausbreitenden Privatpraxis konnte nur noch in den Abendstunden an wissenschaftliche Thätigkeit gedacht werden. Dieselben wurden von den Arbeiten für das Medicinalwesen schliesslich vollkommen absorbirt. Schon die erste und zweite Auflage war zum Theil in der Nacht von 12—2 Uhr verfasst worden, während oft der frühe Morgen bereits Hülfe-suchende Kranke herbeiführte. Bei dieser Sachlage konnte an eine Erneuerung des Handbuches nicht mehr gedacht werden. In wissenschaftlicher Hinsicht hatte dasselbe ohnehin seine Dienste gethan, indem die descriptive Anatomie in eine Bahn (gleichmässige Berücksichtigung der durch's Scalpell wie mit dem Microscop erlangten Resultate) gelenkt wurde, die sie so bald nicht wieder verlassen dürfte. Ein in der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen am 9. December 1868 nach dem Ableben ihres auswärtigen Mitgliedes erstatteter Bericht** drückte sich darüber folgendermassen aus: „Sein Hauptwerk ist ein Handbuch der menschlichen Anatomie, welches — in der anschaulichsten Sprache eine durchaus auf unmittelbare Untersuchung gegründete, durch eine grosse Zahl eigener Beobachtungen vermehrte Darstellung seines Gegenstandes giebt; — das Werk ist nur dadurch entbehrlich geworden, dass die Methode desselben und die neu ermittelten Thatsachen in alle spätern Handbücher übergingen."

In der Vorrede des ersten Bandes war gesagt worden, dass die Vorarbeiten zum II. Bande, der die Entwickelungsgeschichte und die Anatomie der Regionen umfassen sollte, beinahe vollendet wären. Hieran knüpften sich

* Supplementa ad tabul. arter. corpor. human. 1846. Taf. XL. Fg. 4. Taf. XLV. Fg. 2 u. Fg. 3. S. auch W. Krause, Varietäten der Arterien und Venen in Henle's system. Anatomie. 1868. Bd. III. Abth. 1.

** Göttinger Nachrichten. 1868. Nr. 21.

vielfache Erwartungen, die nicht erfüllt worden sind. Die Entwicklungsgeschichte war auf breiter Basis angelegt. Die betreffende Literatur bis etwa zum Jahre 1842 war vollständig gesammelt, und die früheren Stadien am Ei des Hühnchens durchgearbeitet. Für die späteren Stadien lag ein ganz ausgezeichnetes Untersuchungsmaterial vor. Mit Rücksicht auf praktische Bedürfnisse sollte die Anatomie des Neugeborenen besonders genau erörtert werden, und die Vorarbeiten erstreckten sich auf eine grosse Anzahl sehr sorgfältiger Messungen. Mein Vater pflegte jede Kinderleiche, deren er habhaft werden konnte, in dieser Rücksicht zu untersuchen und bis zum Jahre 1860 haben sich derartige Zahlen-Notizen vorgefunden. Es war nämlich seine in früherer Zeit manchmal ausgesprochene Absicht, bei Gelegenheit seines 50jährigen Doctor-Jubiläum (1868) in den Ruhestand zu treten und dann das angefangene Werk zu vollenden. Ausser den erwähnten Messungsresultaten, einigen analogen Zahlen-Angaben von Leichen älterer Kinder und wenigen microscopischen Messungen, welche sich auf die Entwicklung der Gewebe beziehen, wobei namentlich die erst viel später von anderer Seite her bekannt gewordenen Jugendformen der Schweissdrüsen, sowie die bleibende Structur der männlichen Brustdrüse in Handzeichnungen dargestellt worden waren, ist leider keine Sylbe von Vorarbeiten weder für die Entwicklungsgeschichte, noch zur Anatomie der Regionen aufgeschrieben gewesen. Nicht einmal eine Disposition hat sich gefunden, und es kann daher über den gewiss interessanten Plan leider nichts Näheres mitgetheilt werden. Er pflegte darüber nur zu äussern: „Das habe ich Alles im Kopfe.“ Es scheint, dass in den Jahren 1842—1844 die Ausarbeitung nicht erfolgte, weil das nothwendige Material von Leichen Neugeborener etc. erst im Verlauf einer längeren Reihe von Jahren gesammelt werden konnte. Dafür wurde damals die Physiologie der Haut bearbeitet, und zwar mit dem oben bereits gezeigten Erfolge.

Nachdem die anatomische Laufbahn aufgegeben war, eröffnete sich zugleich ein neues weiteres Feld in der Leitung der gesammten Medicinal-Angelegenheiten Hannovers. Im Jahre 1847 wurde nämlich das Ober-Medicinal-Collegium zu Hannover errichtet und mit besonderen Befugnissen ausgestattet. Dasselbe vereinigte zunächst, um es so auszudrücken, ungefähr die Functionen eines Provinzial-Medicinal-Collegium in Preussen mit denjenigen der „Wissenschaftlichen Deputation für das Medicinalwesen“, was in einem kleineren Lande anging. Zugleich aber besass dasselbe in anderer Hinsicht den Character einer selbstständigen Behörde und einen viel weiter ausgebreiteten Wirkungskreis. Mit der definitiven Einverleibung Hannovers in den preussischen Staat, oder vielmehr factisch erst im Januar 1868, als das ganze Ueberleitungsstadium beendigt war, erlosch das Wesen der fraglichen Organisation, obgleich sie dem Namen nach augenblicklich noch fortbesteht. Da dieser Abschnitt jetzt der Geschichte ange-

hört und die Betheiligten sämmtlich ausgeschieden sind, so wird es passend sein, hier einen Rückblick auf die 20 Jahre lang unausgesetzte Thätigkeit eines Collegium zu werfen, welche mein Vater als seine wichtigste Lebensaufgabe betrachten konnte. Es ist jedoch dabei hervorzuheben, dass er von diesen Dienstangelegenheiten selbstverständlich nicht zu sprechen pflegte, und da mir auch sonst keine schriftlichen Belege zu Gebote standen, so kann ich das Bild nur so zeichnen, wie sich dasselbe Jemandem aus dem ärztlichen Publikum dargestellt haben mag. Diese Betrachtungsweise hat wenigstens den Vortheil, dass es sich dabei um nichts weiter handelt, als wie sich die Sachen praktisch machten, ohne Rücksicht auf officielle Vorschriften und sonstige Actenstücke.

Bis zum Jahre 1847 hatten drei von einander unabhängige, obgleich factisch grösstentheils aus denselben Personen zusammengesetzte ärztliche Behörden in Hannover bestanden. Dies waren das Ephorat der chirurgischen Schule — nach dem früher Gesagten der medicinischen Facultät einer Universität vergleichbar — ferner die General-Vaccinations-Committee, welche die nach englischem Vorbilde schon sehr frühzeitig in Hannover eingeführten prophylactischen Impfungen zu überwachen hatte, die von den damit beauftragten Gerichts-Physicis vorgenommen wurden. Endlich die ärztliche Prüfungsbehörde, vor welcher die medicinischen, chirurgischen und pharmaceutischen Staats-Examina, sowie die Physicats-Prüfungen abgelegt wurden. Diese drei Behörden wurden zu einem einzigen Ober-Medicinal-Collegium verschmolzen, das anfänglich aus Spangenberg, Holscher, C. Krause, Kaufmann und Baring bestehend, in directem Geschäftsverkehr mit dem Ministerium des Innern stand, während es den Provinzial-Verwaltungs-Behörden (Landdrosteien) coordinirt war.

Dem so organisirten Collegium waren ausserdem die Obergutachten in allen gerichtlichen, medicinischen und medicinal-polizeilichen Fällen übertragen, wo solche von den Gerichtsbehörden eingefordert wurden. Ferner führte dasselbe die Aufsicht über sämmtliche Medicinal-Einrichtungen und Anstalten (Hospitäler, Irrenhäuser etc.) des Landes, hatte die zu erlassenden Medicinalgesetze, Verordnungen und gesundheitspolizeilichen Massregeln zu beantragen oder zu begutachten. Endlich waren von dem Collegium Vorschläge zu Besoldungszulagen und Titelverleihungen an Aerzte und Wundärzte einzureichen und Gutachten abzugeben in Betreff der Besetzung ärztlicher Dienststellen (Physicate etc.), sowie der Concessionirung von Aerzten und Wundärzten.

Der letztere Punkt war einer der wichtigsten und dies hing davon ab, dass in Hannover keine Freizügigkeit in Betreff der ärztlichen Praxis herrschte. In allen kleineren Ortschaften mit Ausnahme der wenigen etwas grösseren Städte wurde nur einem oder höchstens zwei Aerzten die Niederlassung ge-

stattet und in einem gewissen Umkreise, welcher mehrere Meilen in der Runde betragen konnte, kein weiterer Arzt concessionirt. Wenn eine Vacanz eintrat, so wurde die eröffnete Stelle zur freien Bewerbung ausgeschrieben und von der Verwaltungsbehörde eine neue Concession ertheilt. Natürlicherweise waren stets mehr Bewerber da als offene Stellen und denjenigen jüngeren Aerzten, die zur Zeit keine erhielten, standen nur folgende Wege offen. Entweder prakticirten sie unter Leitung resp. als Assistenten eines älteren, bereits habilitirten Arztes. Oder sie liessen sich vorläufig in den Städten nieder, wo die ärztliche Praxis Jedem freigegeben war und wenigstens die Möglichkeit bestand, sich durch Besuch von Hospitälern etc. fortzubilden. Oder sie gingen eine Zeit lang über See, wozu es bei den amerikanischen Verbindungen des hannoverschen Handels niemals an Gelegenheit fehlte.

In den Städten war bei dieser von 1818—1867 bestandenen Einrichtung eine Ueberfüllung unvermeidlich und namentlich Hannover besass eine verhältnissmässig weit grössere Anzahl, als z. B. das in dieser Beziehung vielberufene Berlin. Im Maximum mussten die von der Universität kommenden Mediciner drei Jahre warten, bevor sie auf eine feste Anstellung rechnen konnten. Es ist dabei zu bemerken, dass seit 1841 jeder im Lande prakticirende Arzt das Göttinger Doctor-Examen bestanden haben musste, was factisch einem Besuchszwange dieser Universität gleichkam, ähnlich wie einige andere Staaten (Nassau, Braunschweig etc.) Göttingen zu ihrer Landes-Universität erklärt hatten. Alle diese Einrichtungen, die mein Vater bereits vorfand, waren weder bei den jüngsten Aerzten, noch dem Publicum gern gesehen. Um so lieber waren sie der grossen Ueberzahl von älteren, verheiratheten und auf ihre Privat-Praxis allein angewiesenen Aerzte. Denn diese hatten niemals zu fürchten, dass durch eine mit schlechten Mitteln verfolgte Concurrenz der Lebensunterhalt ihrer Familie in Frage gestellt werden konnte. Falls aber ein concessionirter Arzt durch gröbere Versehen oder sonstige Gründe sich des Vertrauens seines umwohnenden Publicum unwerth machte, so erfolgte entweder eine räumliche Ausdehnung der Wirkungskreise von benachbarten Aerzten oder die Concessionirung eines brauchbareren Substituten. Die ganze Einrichtung hatte aus diesen Rücksichten ihre eifrigsten Anhänger unter den praktischen Aerzten selbst, die dadurch, ohne vom Staat besoldet zu werden, eine so sichere und doch, was den Erfolg anbetrifft, von ihrer Thätigkeit abhängige Lebensstellung erhielten, wie andere Staatsdiener.

Die Hauptschwierigkeit lag in der Auswahl unter den Bewerbern um freigewordene ärztliche Wirkungskreise. Die Verwaltungsbehörden hatten zwar die definitive Entscheidung, waren aber bei der Unmöglichkeit die Vorzüge der einzelnen Aerzte ihrerseits zu würdigen, in der That ganz auf die Gutachten des Ober-Medicinal-Collegium angewiesen.

Dieses berücksichtigte dabei in erster Linie die im Staatsexamen erhaltenen Zeugnisse und in zweiter Linie die Anciennetät. Da die Zeugnisse nicht blos auf dem Papiere standen, sondern eine persönliche Bekanntschaft zwischen den Mitgliedern des Ober-Medicinal-Collegium und den sich bewerbenden Aerzten als früheren Examinanden in allen Fällen vorhanden war, mein Vater auch die meisten derselben als Besucher seines anatomischen Theaters gesehen hatte, so blieb seine ausgedehnte Personalbekanntschaft wesentliches Förderungsmittel für die Entscheidungen. In der That war ihm an praktischer Menschenkenntniss nicht leicht ein Anderer überlegen. Das Erste was er forderte, war Rechtlichkeit, Wahrheit der Gesinnung, Freiheit von allem unedlen Wesen und namentlich von Eitelkeit. Sein in allen Richtungen ausgezeichnetes Gedächtniss kam auch bei diesen Angelegenheiten zu Statten. Mit voller Schärfe wurde bei jenen Abwägungen der Grundsatz aufrecht erhalten: stets dem wissenschaftlichen Verdienst ohne Rücksicht auf Anciennetät und besondere Empfehlungen den Vorrang zu lassen. Es liegt auf der Hand, wie tief solche Principien in die Medicinal-Verhältnisse des ganzen Landes eingreifen und insbesondere zur Hebung des medicinischen Studium in Göttingen beitragen mussten. Denn es war nicht nur wie anderswo von dem Bestehen des Staats-Examen die Zulassung zur Praxis abhängig, sondern von dem Eindruck, welchen der Examinand während seiner langdauernden Prüfungszeit auf Männer machte, die um so unpartheiischer urtheilen konnten, weil sie ihn nicht unterrichtet hatten, hingen manchmal seine künftigen Erfolge im praktischen Leben ab, da auch bei der Besetzung der vielgesuchten und verhältnissmässig sehr gut besoldeten Physicatsstellen dasselbe Verfahren zur Anwendung kam.

Mit der medicinischen Facultät zu Göttingen hatte das Ober-Medicinal-Collegium gar keine officielle Beziehung. Nur durch persönlichen Einfluss vermochten die Mitglieder des letzteren der Universität nützlich zu werden. Bekanntlich hatten die Göttinger Facultäten bei eintretenden Vacanzen keine Art von Vorschlagsrecht. Allein private Erkundigungen zog das Universitäts-Curatorium von Einzelnen ein, und bei mehreren Gelegenheiten ist auch mein Vater gefragt worden. Seine persönlichen Beziehungen zu dem hochverdienten Curator Geh. Cabinetsrath G. E. F. Hoppenstedt waren der Art, dass sein Einfluss, so lange der Letztere lebte, in gewissen Branchen den entscheidenden Ausschlag gab. Die Besetzungen der Lehrstühle für Chemie, Physiologie und Anatomie legen Zeugniss ab, ob sein Urtheil ein richtiges gewesen. Es ist vielleicht nicht ohne Interesse, dass nach Blumenbach's Tode (1840) drei schon damals hochberühmte Namen auf die engere Wahl kamen: Th. v. Siebold, Schwann und R. Wagner. Man kann darüber nicht zweifelhaft sein, dass im Interesse der Physiologie die getroffene Wahl die beste war, die sich unter den damaligen Umständen realisiren liess.

Noch häufiger als bei den Berufungen wurde auf die Unterstützung der Mitglieder des Ober-Medicinal-Collegium recurrirt, wenn es sich um Neubau oder andere Einrichtungen in den medicinischen Instituten zu Göttingen handelte. In früherer Zeit erhielt mein Vater bei fast allen solchen Gelegenheiten briefliche Aufforderungen, sich einer so nützlichen Verbesserung anzunehmen, und ebenso wenn es galt, irgend einen schweren Verlust abzuwenden, der die Universität durch den Weggang eines anderswohin berufenen Lehrers bedrohte. In den letzteren Fällen erleichterte die persönliche Bekanntschaft, Freundschaft oder auch das Verhältniss als Hausarzt zu den betheiligten Ministern die Aufgabe. Unter den zahlreichen Ministerien, welche Hannover seit 1848 an der Spitze der Geschäfte gesehen hat, war keines, unter welchem nicht solche Beziehungen wenigstens zu einem oder dem anderen ihrer Mitglieder stattgefunden hätten. Manchmal war es wünschenswerth, auf die Abstimmungen in den Kammern zu influiren. Der zweiten Kammer konnte man natürlich bei Geldforderungen, welche das Wohl der Landes-Universität im Auge hatten, stets sicher sein. Aber den Herren von der ersten Kammer Interesse für Kliniken u. dergl. einzuflössen, war mitunter bedeutend schwieriger. Jede sich darbietende Gelegenheit wurde jedoch redlich benutzt, alte Schulbekanntschaften in Anspruch genommen. Ich erinnere mich, dass bei Diners etc., wo mein Vater sonst ein liebenswürdig unterhaltender Gesellschafter war, der Eifer für die Sache ihn zu einem detaillirten Eingehen veranlasste, und dass die Schärfe und Klarheit seines Gedankenganges die Laien in der staunenden Tafelrunde mit sich fortriss, so fern eine solche Unterhaltung den fröhlichen Gästen an und für sich liegen mochte. Bei dieser Gelegenheit mag noch als Jugendfreund der Geh. Rath, Oberbibliothekar Pertz in Berlin erwähnt werden, mit welchem, so lange er in Hannover lebte, der regste Verkehr stattfand. Von anderen genauer Befreundeten werden hier nur v. Arnswaldt, die Hoppenstedts, die Leibärzte Lodemann und Stieglitz, Spitta (später in Rostock), Stüve, Waitz (jetzt in Göttingen), Windthorst (der berühmte Redner im Abgeordnetenhause) genannt — abgesehen von vielen in Hannover Lebenden*.

Was den Geschäftskreis des Ober-Medicinal-Collegium anlangt, so nahmen die medicinal-polizeilichen und ähnlichen Geschäfte von Jahr zu Jahr zu. Namentlich in dem letzten Decennium handelte es sich fortwährend um Sachen wie die Herausgabe der Hannoverschen Pharmakopoe, Trichinen (von denen mein Vater seit 1840 durch Kobelt Präparate besass), Ventilation, Desinfection, Anlage von Water-Closets, Poudrette-Fabriken, Geheimmittel-Schwindel, Anlage von neuen Irrenanstalten zu Göttingen und Osnabrück etc. etc. Im Jahre 1855, wie gleich hier bemerkt werden soll,

* So viel als möglich sind in dieser ganzen Darstellung die Privat-Beziehungen zu noch Lebenden unberührt geblieben.

machte er auf Wunsch der Regierung eine wissenschaftliche Reise über fast sämmtliche deutsche Irren-Anstalten, deren Resultat die Berufung des Medicinalrath Snell an Stelle des verstorbenen Bergmann nach Hildesheim war. Das von Letzterem aufgestellte Chordensystem im Gehirn hat mein Vater, beiläufig gesagt, von Anfang an für zweifelhaft erklärt. Eine andere Reise (1861) in die Weser- und Elbmarschen wurde angeordnet, um über die eigenthümlichen hygieinischen Verhältnisse dieser Landstriche Bericht zu erstatten.

Obgleich die Landdrosteien wie schon bemerkt in vielen Beziehungen an das Ober-Medicinal-Collegium gewiesen waren, so war denselben doch noch ein technisches Mitglied beigeordnet, welches (1852) in den zur Bearbeitung oder Mitwirkung zugewiesenen Sachen Stimmrecht erhielt. Diese für die Residenzstadt nicht unwichtige Stellung im Landdrosteibezirke Hannover, die etwa der eines preussischen Regierungsmedicinalraths entsprach, bekleidete seit 1847 mein Vater ebenfalls.

Unter diesen Verhältnissen kam das Jahr 1848 heran. Eine Bürgerwehr war errichtet und Holscher zum Commandeur derselben erwählt. Mein Vater wurde Wehrmann in einer Compagnie. Dieselbe hatte bei dem einzigen ernstlichen Krawall, den Hannover damals erlebte, lange Zeit die Steinwürfe des tobenden Haufens zu ertragen. Schliesslich wurde durch Bajonett-Angriff die Masse zerstreut. Hierbei musste die Gymnasiasten-Compagnie, zu der ich zu gehören die Ehre hatte, ebenfalls thätig eingreifen, obgleich Manche von uns kaum im Stande waren, ihre alten Musketen zu tragen. Die dazu gehörigen Flintensteine waren unglücklicher Weise von Holz. An jenem denkwürdigen Abend wurde ein Schul-Kamerad von mir, der nachher ein tapferer Officier geworden ist, auf Befehl seiner Mutter trotz allen Widerstrebens aus den Reihen der Bürgerwehr herausgeholt und weiteren Fährlichkeiten entzogen. Schon früher hatte der Vater eines bekannten Physiologen einen mit dem Dolch bewaffneten Verschwörer an öffentlicher Wirthstafel verhaftet, was grosses Aufsehen erregte. Auch wurde damals auf Anregung von Kohlrausch ein Schiessclub eröffnet, der anfangs ausschliesslich aus Aerzten bestand. Mein Vater zeichnete sich, obwohl er fünfzig Lebensjahre hinter sich hatte, durch sicheres Auge und Hand aus, und war der Erste, der die anderswo so allgemein adoptirten Schweizer Stutzen in Aufnahme brachte.

Das Ober-Medicinal-Collegium verlor bald nach seiner Errichtung seine anfänglichen Dirigenten. Spangenberg starb 1849, Holscher 1852. An Stelle des Ersteren wurde Kohlrausch, statt des Letzteren Dommes zu Mitgliedern des Collegium ernannt. Holscher hatte in mancher Hinsicht von denjenigen meines Vaters abweichende Ansichten gehabt und oft das Collegium mit sich fortgerissen. Obgleich Letzterer ein sehr gefürchteter

Gegner in der Debatte war, blieb ihm doch mitunter nichts weiter übrig, als zu der Abgabe eines Separat-Votum zu greifen. Diese Waffe war noch viel wirksamer, denn mit Schärfe und Feinheit wurden die Schwächen der gegnerischen Ansichten aufgezeigt und die Regierung entschied regelmässig nicht im Sinne der Majorität.

Nach Holscher's Tode gelangte mein Vater an die Spitze des Ober-Medicinal-Collegium. Der Dirigent hatte die Geschäftsleitung wesentlich in der Hand, denn ihm stand es zu, die Arbeiten den einzelnen Mitgliedern zuzutheilen. Sich selbst vergass mein Vater dabei am wenigsten. Ohnehin gab es so häufig Fragen, die er bei weitem besser beantworten konnte, als die ausgezeichneten Praktiker, welche sich in das Uebrige zu theilen hatten. Er war beschäftigter Gerichtsarzt, Mitglied der Landdrostei, zugleich der Einzige, der in Anatomie und Physiologie an Kenntnissen wie im Gebrauch des Microscops keinem Fachgenossen nachstand, der Einzige, welcher tiefere mathematische, physikalische, chemische Vorkenntnisse besass. Alles, was in diese Fächer schlug, war ihm geläufig, und wo sein Wissen nicht ausreichte, scheute er keine Mühe, sich das Nothwendige noch im spätesten Alter zu erwerben. Er beschäftigte sich mit technischer Physik, über welche seit langen Jahren Excerpte gesammelt wurden, was bei anderen Zweigen der Wissenschaften nicht in so ausgedehntem Masse der Fall war. In chemischen Dingen experimentirte er selbst, machte z. B. Desinfections-Versuche, Ventilations-Proben etc.

Im Jahre 1851 starb Langenbeck und für die Meisten in Göttingen war es selbstverständlich, dass mein Vater die Professur für Anatomie übernehmen würde. Nach langer reiflicher Ueberlegung — während des so bekannt gewordenen Wagner'schen Provisorium — lehnte er ab. Hierbei kamen sicherlich keine äusseren Gründe in Frage, wie die voraussichtliche Verringerung seiner Einnahme. Die durch Holscher's Hinscheiden erlangte massgebende Stellung in den Medicinal-Angelegenheiten des ganzen Landes, Rücksicht auf die Patienten, welche seiner Hülfe vertrauten und von denen einige noch von seinem Schwiegervater Heine übernommene Familien ihn bis zu seinem Lebensende nicht entbehren konnten, waren die entscheidenden Motive. Mit seinen ärztlichen Collegen in der Residenzstadt waltete das beste Verhältniss ob; sie zollten ihm vollste Anerkennung seiner vielseitigen Verdienste und seines aufrichtigen jeder Art von Eigennutz entbehrenden Benehmens bei Consultationen. Letztere führten ihn seit Eröffnung der Eisenbahnen auch vielfach in die kleineren Provinzialstädte.

Schon im Jahre 1851 war die chirurgische Schule, als den veränderten Zeit-Verhältnissen nicht mehr entsprechend, aufgehoben worden. Einem der letzten Vorträge meines Vaters und einer Demonstration des Gehirns habe ich noch beigewohnt und kann bezeugen, dass sein Lehrtalent ein so ausge-

zeichnetes war, wie man es von dem Verfasser des vielbesprochenen Handbuchs voraussetzen durfte. Das von der chirurgischen Schule wie gesagt unabhängige anatomische Theater aber blieb fortbestehen und Kohlrausch benutzte seine Musse als Docent, um als Prosector desto thätiger zu sein. Damals wurde die meinem Vater gewidmete Schrift* über die Beckenorgane des Menschen verfasst. Zwischen beiden Forschern hatte sich eine innige Freundschaft ausgebildet, und mein Vater verlor mehr wie seinen Prosector und Collegen, als Kohlrausch (ein Sohn des bekannten Oberschulraths und Verfassers der deutschen Geschichte — des volksthümlichsten Werkes über die Befreiungskriege) 1854 in Folge eines Carcinoms der Harnblase dahingerafft wurde. Die Stelle im Ober-Medicinal-Collegium wurde an Brandes übertragen; auf der Anatomie konnte ich seine Functionen übernehmen, nachdem ich von der Universität zurückgekehrt war. Obgleich mein Vater ausser Kohlrausch und mir keine speciellen Schüler gebildet hat, so leben doch Praktiker genug auch in entfernten Welttheilen**, die ihm eine sichere Basis ihrer theoretischen Kenntnisse überhaupt und der topographisch-anatomischen insbesondere verdanken.

In meine Erziehung hat mein Vater nur zweimal gleichsam direct eingegriffen und mich sonst meinen eigenen Weg gehen lassen. In früher Jugend erzählte er mir im Familienkreise von der schrecklichen Zeit der Fremdherrschaft, von den einzelnen Kämpfen und Siegen der Freiheitskriege, von der Freude in Hannover, als endlich die Befreier kamen und am meisten von den Siegern bei Waterloo, deren Kanonendonner er selbst gehört.

Bei einer späteren Gelegenheit erhielt ich ein anatomisches Besteck zum Geschenk, womit Skelette und Knochen-Präparate von Thieren angefertigt wurden. Den Schul-Kameraden diente diese Sammlung nicht wenig zur Erheiterung, da zufällig ausser mir kein Mediciner darunter war, während zwei derselben die akademische Laufbahn eingeschlagen haben: A. Conze, Professor der Archäologie in Wien und Ubbelohde, Professor des römischen Rechts in Marburg (Meissner war viel älter). Ich war stets dazu bestimmt,

* Zur Anatomie und Physiologie der Beckenorgane von Dr. O. Kohlrausch. Mit drei Tafeln. Hannover, 1854. — Andere Schriften von Kohlrausch: De sanguinis in venis circulatione. Diss. Gotting. 1834. Recension von Henle's Allgemeiner Anatomie, Götting. gel. Anzeigen, 1843, sowie viele andere Referate daselbst; die Auffindung von Schweissdrüsen etc. in Ovariumcysten, in Joh. Müller's Archiv 1843. Physiologie und Chemie in ihrer gegenseitigen Stellung, eine Kritik von Liebig's Thierchemie. Göttingen, 1844. Ueber innere Wurzelscheiden und Epithelium des Haares, Joh. Müller's Archiv 1846. Die Physiologie in ihrer Anwendung auf Chirurgie in R. Wagner's Handwörterbuch, Bd. III. 1846. Ueber Infarcte, über cavernöse Venennetze in der Schleimhaut der Nasenmuscheln, Beiträge zur Kenntniss der Schilddrüse, Joh. Müller's Archiv 1853 u. s. w.

** S. W. Krause, Archiv für Anthropologie. 1866. Bd. I. S. 251.

dereinst die Praxis meines Vaters zu übernehmen, und nur ein einziges Mal habe ich ein Thema für eine wissenschaftliche Arbeit von ihm erhalten. Es geschah dieses bei Gelegenheit meiner Doctor-Dissertation und auch erst dann, als ich mit verschiedenen anderen selbstgewählten Aufgaben entschiedenes Unglück gehabt hatte. Meine erste, schon 1853 als Student verfasste Abhandlung* dagegen war durch den Umstand veranlasst, dass in den Göttinger Vorträgen die von meinem Vater entdeckten acinösen Drüsen der Conjunctiva, welche damals in keinem anderen Handbuche standen, mit zweifelndem Misstrauen erwähnt wurden. Als ich ihm den Aufsatz brachte, lächelte er, wie er es gewöhnlich bei wissenschaftlichen Angriffen auf ihn zu thun pflegte und meinte: die Drüsen würden sich schon finden, auch ohne meine Auseinandersetzung. Sein Benehmen unter solchen Umständen war stets dasselbe. Eine Zeit lang kam es häufig vor, dass jüngere Anatomen ihre überraschenden Entdeckungen mit Anführungen und Widerlegungen von Worten einleiteten, die mitunter zeigten, dass nicht einmal die klare Sprache seines Handbuchs richtig verstanden war. Jene Autoren bewiesen dadurch ohne Zweifel, dass sie wussten, wo die Quelle vieler verbreiteten Meinungen zu suchen sei — mein Vater aber hat niemals irgend etwas erwiedert.

Zu meiner erwähnten Dissertation** aber gab er mir die Anregung, und als ich das Manuscript von ihm zurückerhielt, standen einige ermunternde Worte darauf. Keine anderweitige Anerkennung würde mir werthvoller gewesen sein, als diese eines Mannes, der streng gegen Andere, noch strenger gegen sich selbst war.

In seinem überaus thätigen Leben blieb für Zerstreuungen und Erheiterungen wenig Zeit. Früher selbst musicalisch pflegte er gewisse Lieblingsopern und Concerte, die stets classische waren, wenn es irgend anging, nicht zu versäumen, obgleich das hannoversche Theater auf diesem Gebiete nicht immer so tüchtige Kräfte wie später in anderer Richtung an Niemann, Wachtel etc., ferner an Joachim aufzuweisen hatte. Seines geselligen Verkehrs wurde schon oben gedacht, welcher eine Zeit lang allerdings so lebhaft war, dass man ihn in eine Committee wählte, die Subscriptionsbälle nach Art der Berliner in Gang brachte. Er beschäftigte sich auch viele Jahre hindurch eifrig mit Schachspiel, und wurde nebst seinem Freunde, dem bekannten Palaeontologen (zugleich Sanskritkenner) Obergerichtsvicedirector Witte***

* W. Krause, Ueber die Drüsen der Conjunctiva, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1854. Bd. IV. S. 337.

** W. Krause, die Brechungsindices des menschlichen Auges. Hannover, Hahn. 1855.

*** Sohn der verstorbenen Hofräthin Witte, bekannt durch die von ihr in den dreissiger Jahren angefertigten ersten plastischen Nachbildungen der Mondkugel und als Schwiegermutter von Mädler.

für einen der stärksten Spieler Hannovers gehalten. Im Sommer pflegte er die Nachmittage in seinem Garten selbst zu arbeiten und sich mit Blumenzucht zu beschäftigen. Er hatte einen feinen Sinn für Naturschönheiten nicht minder als für plastische Kunst, wie es von mehreren bedeutenden Anatomen bekannt und natürlich ist. Schon 1846, ehe noch Eisenbahnen die Tour abkürzten, unternahm er eine längere Fussreise in der Schweiz, wiederholte diese erfrischenden, Monate dauernden Touren von Zeit zu Zeit, zuletzt fast jährlich, unter längerem Verweilen in Ragatz und blieb bis in's hohe Alter ein rüstiger Bergsteiger.

Für die Hebung des Gemeinsinns der Aerzte suchte er besonders zu wirken. Er war Mitbegründer und lange Zeit Vorstand des ärztlichen Vereins (gegründet 1838) und der medicinischen Lesegesellschaft in der Stadt Hannover, sowie bis an's Ende seines Lebens der ärztlichen Witwencasse, die im ganzen Lande Segen verbreitete. Ausgedehnte Kenntnisse und gründliches Urtheil in der belletristischen Literatur gaben Anderen die Veranlassung, sie durch die Wahl in Commissionen für eine grosse sog. Societäts-Bibliothek zu Hannover, sowie eine von früheren Legions-Officieren gegründete English Reading-society zu verwerthen.

Seine vielseitigen Verdienste um das Medicinalwesen wurden von der Regierung durch eine fortlaufende Reihe von Anerkennungen geehrt. Die Ernennung zum Medicinalrath erfolgte 1836, Verleihung des Guelphenordens 1843, Beförderung zum Hofrath 1847, Verleihung des Ritterkreuzes 1849, Ernennung zum Obermedicinalrath 1853, zum Geheimen Obermedicinalrath 1860 und zum Commandeur des Ordens 1862. Als im Jahre 1864 auf der Giessener Naturforscher-Versammlung die Stadt Hannover zum Versammlungsort für das nächste Jahr erwählt worden war, wurde er von Beneke in Marburg zum ersten Präsidenten vorgeschlagen. Mit donnernder Acclamation stimmte die sehr zahlreiche Versammlung bei, und die ehrende Wahl wurde bereitwillig acceptirt. Trotz seiner 68 Jahre sah man ihn, wie ein Berichterstatter bemerkt, in voller Rüstigkeit die Last dieses Amtes tragen. Die zahlreichen und ermüdenden Vorbereitungen besorgte er mit der ihm eigenen fast jugendlichen Lebhaftigkeit, wollte alle Arbeit selbst thun, und es ist characteristisch, dass er während der Versammlung stets die Correcturen des Tageblatts gelesen hat, obgleich er sie erst um 2 Uhr Nachts erhalten konnte und die Redaction in den Händen von drei vortrefflichen Hülfsarbeitern lag. Ueber die bei den Vorbereitungen gemachten Erfahrungen habe ich* an einem anderen Orte ausführlichen Bericht erstattet. Die Versammlung bewillkommnete er in einer Rede, die hier wörtlich folgt, da sie an einem wenig zugänglichen Orte

* Die deutschen Naturforscher-Versammlungen von W. Krause. Göttingen 1865.

abgedruckt ist. Es war dies das letzte Mal, dass sein Name auf dem Titel eines Werkes* erschien.

„Hochansehnliche und hochzuverehrende Versammlung!

Die 39. im vorigen Jahre in Giessen vereinigte Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte hat zum Ort der diesjährigen Zusammenkunft Hannover erwählt und zu Geschäftsführern mich und den Herrn Director Karmarsch bestimmt. Es hat diese auf mich gefallene Wahl in Sorge und Verlegenheit mich gesetzt, indem das Erforderniss der Leistung zu dem Vermögen dazu in höchst disparatem Verhältniss steht. Indessen gerührt von der mir durch diese Wahl erwiesenen Ehre und Aeusserung des Vertrauens, und in der Hoffnung, dsss der gute Wille mehr als die Beschaffenheit der Leistung von der hochverehrten Versammlung werde geschätzt werden, habe ich diese Wahl angenommen und diese Stelle betreten, um Sie herzlich zu bewillkommnen.

Die erste Pflicht aber, welche das mir auferlegte Amt fordert, ist angenehm zu erfüllen: es ist die der Danksagung. Den ehrfurchtsvollsten Dank habe ich auszusprechen Sr. Majestät dem Könige, welcher die Zusammenkunft der Versammlung in seiner Residenz mit Wohlgefallen verstattet und verschiedene Bezeugungen seiner Huld gewährt hat; ferner den ehrerbietigsten Dank den hohen Landesbehörden und den städtischen Behörden, welche die Vereinigung durch Zuwendung bedeutender Vortheile und Annehmlichkeiten wesentlich und thätig gefördert haben, so wie dem Comité, welches mit Eifer und Aufopferungen treffliche Vorbereitungen zu der Versammlung getroffen hat.

Es ist mir höchst erfreulich, Sie in grosser Anzahl hier versammelt zu sehen, da dieser Umstand die Vorstellung beseitigt oder, wenn ich so sagen darf, das Vorurtheil widerlegt, als sei Hannover kein günstiger und geeigneter Ort und Land für eine Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte. Es ist wohl öfters gedacht und ausgesprochen: was sollen wir in Hannover, das ist ein steriler Ort für Naturwissenschaft, da ist nie ein neues Thier, weder ein mammale noch ein molluscum entdeckt, da sind keine des Verkehrs würdige Leute, keine Sammlungen u. s. w. Meine Herren, es ist vielmehr in Stadt und Land wissenschaftliche Bildung sehr verbreitet; und da es wohl keinen studirten Hannoveraner giebt, der nicht in Göttingen den Studien obgelegen hätte, so ist die Art und der Grad der verbreiteten wissenschaftlichen Bildung von dieser Anstalt abhängig, die wir als die alma mater

* Amtlicher Bericht über die vierzigste Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Hannover im September 1865. Herausgegeben von den Geschäftsführern C. Krause und K. Karmarsch und den Schriftführern der Versammlung W. Krause und K. Kraut. Mit XIV Tafeln. Hannover, Hahn. 1866.

scientiarum ehren und lieben. Die Art und Richtung des wissenschaftlichen Strebens in Göttingen war aber von jeher eine würdige: ausgezeichnet durch lebendige Auffassung des dort und anderswo Gefundenen und Entdeckten, aber Aneignung desselben nur nach gründlicher kritischer Würdigung und Verknüpfung desselben zu Resultaten, ruhige eindringliche Forschung mit Widerwillen gegen jede Excentricität, falsche Genialität und bodenlose Anmassung. Dieser Geist hat auch die Schüler der Georgia Augusta durchdrungen und veranlasst, dass sie an das Neue nur mit einer gewissen Zurückhaltung und kritischen Prüfung herantreten, anstatt sich ihm mit schwindelhaftem Enthusiasmus zu ergeben. Wer aber waren die Hauptträger der Natur- und Arzneiwissenschaft in Göttingen? Zuerst nenne ich Albr. v. Haller, gross als Anatom, Physiolog, Botaniker, Dichter, Staatsmann, berühmt und weithin einflussreich wie etwa späterhin Alex. v. Humboldt, aber als allgemein anerkannte und geltende Autorität, bedeutender als irgend ein Naturforscher nach ihm. Sodann nenne ich unter den Naturforschern Göttingens Tobias Meyer den Mondkundigen, Erxleben, Lichtenberg, Blumenbach, Gauss, R. Wagner und unter den Aerzten zuerst den unvergleichlichen August Gottlieb Richter, hervorragend unter Zeitgenossen wie die Petit, die Bell, die Hunter, Gründer der wissenschaftlichen Ophthalmologie; alsdann Langenbeck, Himly, Fuchs. In Hannover selbst aber lebte lange vor der Gründung der Universität der grösste Mann nicht blos seines, sondern mehrer Jahrhunderte, Leibnitz. Wer hat mehr gethan als er zur Umgestaltung und Belebung der Wissenschaft überhaupt? Wenn ich als Naturforscher ihn aufstellte, so denke ich nicht an Metaphysik, an Monaden und prästabilirte Harmonie, sondern an seine Bestrebungen zur Bildung einer naturwissenschaftlichen Gesellschaft, an seine sehr exacten Forschungen in dem, was er nur seine Curiositates nannte, Mathematik, Physik, Medicin: wie er mit Huyghens Barometer construirt, katadioptrische Fernrohre, Rechnenmaschinen, unterseeische Schifffahrt berechnet und zum Theil ausführt, vor allem aber an seine Erfindung der Methode, welche es ermöglicht, Beobachtungen aus der Natur zu begründen und zu Resultaten zu combiniren, ich meine die Differentialrechnung. Nach Leibnitz nenne ich Wilhelm Herschel, Hannoveraner, obgleich er einen grossen Theil seines Lebens in England zubrachte, wo er die äusserliche Stellung und Mittel fand, die er zu seinen Forschungen bedurfte, die ihm aber nicht England, sondern sein angestammter Herr, der Churfürst von Hannover, zugleich König von England, gewährte; seine treue Gefährtin, Caroline Herschel, lebte noch lange nach seinem Tode hier unter uns. Unter den Medicinern nenne ich Werlhof, er mit van Swieten der grösste Arzt zwischen Boerhave und Maximilian Stoll: alsdann Zimmermann, Wichmann, Stieglitz, Wedemeyer.

Wissenschaftliche Institute, welche uns interessiren, fehlen in Hannover nicht: das älteste ist die anatomische Anstalt, die schon im Anfange des vorigen Jahrhunderts unter dem Namen einer Anatomie-Kammer gegründet wurde und von deren Leistungen hier nur bemerkt werden soll, dass viele Aerzte des Landes den besten Theil ihrer anatomischen Bildung diesem Institute verdanken. Berühmt seit langen Jahren ist der botanische Garten in Herrenhausen, der Berggarten, gehoben und gepflegt durch einsichtsvolle Munificenz der obersten Behörden und die wissenschaftliche und praktische Thätigkeit der Inspectoren. Er enthält u. a. ein Palmenhaus, welches seines Gleichen sucht, nicht wegen der Grösse der Exemplare, sondern wegen des Reichthums und der Mannichfaltigkeit der Arten und der Zucht derselben. Das naturwissenschaftliche Museum und der zoologische Garten, Anstalten jüngeren Alters, in fröhlicher Blüthe und Mehrung durch lebhafteste Theilnahme und Beschenkung von Seiten des Königs, der Männer der Wissenschaft und des Gesammtpublicums; die Krankenanstalten, erbauet in den letzten Jahren und mit den gewähltesten Einrichtungen und Verbesserungen versehen; das städtische Krankenhaus in Linden, das Militärhospital, die Entbindungsanstalt, das Krankenhaus des Diakonissenstiftes.

Wenn nun diese Anstalten den geehrten Mitgliedern und Theilnehmern unserer Versammlung vieles Interessante darbieten werden, so werden auch die Epigonen der vorhin genannten grossen Männer einen wissenschaftlichen Sinn der Versammlung entgegen tragen und mit Lebendigkeit das Neue und Bedeutende aufnehmen, welches Sie uns darbieten können und werden. So bitte ich Sie denn, unter Wiederholung meiner aufrichtigen und herzlichen Bewillkommnung, uns Ihr Bestes vorzutragen, zu debattiren, discutiren, zu disputiren und kritisiren, allenfalls ein wenig zu medisiren, und so gut als möglich sich zu amüsiren; und erinnere ich schliesslich Sie, die Sie mit Rede und Vortrag uns beehren wollen, an die Apostrophe an Redner eines der grössten Deutschen:

Tritt frisch auf,
Den Mund thu' auf,
Hör' bald auf."

Die Versammlung verlief wie bekannt sehr glänzend und in ungetrübter Heiterkeit. Als Noeggerath am Schluss die übliche Abschiedsrede hielt, sagte er in Beziehung auf den ersten Geschäftsführer: „Also nochmals Dank dem grossen Anatomen, dem Manne, der nicht blos jede Falte, jede Apophyse, jede feine Ader im menschlichen Körper kennt, er kennt mehr vom Menschen: er kennt den Geist und das Herz."

Im Ober-Medicinal-Collegium hatte sich in den Jahren von 1854—1865 nichts geändert, als dass die Geschäfte immer zahlreicher und verwickelter wurden. In der That waren die oben (S. XXIX.) geschilderten Einrichtungen

im Medicinalwesen auf die Dauer unhaltbar. Am frühesten erkannte es mein Vater, dass die Zeit-Verhältnisse einer unmittelbaren Fürsorge durch die Besetzung bestimmter ärztlicher Stellen mit auszuwählenden Candidaten nicht mehr entsprachen, und das Princip der ärztlichen Freizügigkeit eingeführt werden müsse. Wie die Ueberleitung zu derselben auf das Schonendste für die verheiratheten älteren Aerzte bewerkstelligt werden könne, beschäftigte ihn lebhaft und verschiedene Entwürfe wurden dadurch veranlasst. Die gefährlichste Klippe der ganzen Einrichtung lag offenbar in dem Umstande, dass sie zu politischen Zwecken benutzt werden konnte, wenn für die Besetzung der besseren Stellen nicht mehr die von Seiten der Verwaltungs-Behörden gar nicht zu controllirende wissenschaftliche Befähigung der Bewerber, sondern ihr politisches Verhalten den Massstab abgeben sollte. Ein Mitglied der medicinischen Facultät zu Paris und eifriger Bonapartist, welcher uns 1863 besuchte, sprach echtfranzösische Verwunderung aus, dass die damalige Regierung sich nicht des grossen Einflusses der Aerzte auf die Wahlen in solcher Weise versichere.

Da bei Hofe Homöpathie und Lampe'sche Wundercuren florirten, so war schon 1854 nach Kohlrausch's Tode der damals gescheiterte Versuch gemacht, einen der Homöpathie zugeneigten Arzt in das Ober-Medicinal-Collegium zu bringen. Später erhielten gegen den Wunsch des damaligen Generalstabsarztes Stromeyer die 20—21jährigen Bauerburschen, aus denen der stets unter den Waffen befindliche Theil der Armee meistens bestand, die Befugniss, sich nach Belieben — auch wohl abwechselnd — homöopathisch, oder in dem vortrefflichen Militär-Hospital behandeln zu lassen. Eine fernere Ueberraschung wurde der ärztlichen Welt Hannovers, als im Jahre 1865 ein Polizei-Director der Residenzstadt, freilich nur provisorisch, in das Ober-Medicinal-Collegium berufen wurde. Die Zeitungen wollten behaupten, diese Einrichtung sei nur getroffen worden, weil die Stände kurz zuvor eine Gehalts-Erhöhung für die Polizei-Direction abgelehnt hatten. Es ist jedoch klar, dass die ohnehin aus einem ungewöhnlichen Fonds gezahlte Remuneration auch auf sonstigem Wege beschafft werden konnte, und ohne Zweifel haben andere Motive zu Grunde gelegen. Die damaligen Minister boten das Aeusserste auf, um das Collegium in seinem Bestande zu erhalten, was jedoch nur für einige Zeit gelang. Man weiss, dass die factische Regierung in jener Zeit ganz wo anders geleitet wurde, als in den officiellen Departements, wie sie im Staatskalender standen.

Wie dem auch sei, das polizeiliche Intermezzo sollte nicht lange dauern. Es kam der Sommer 1866 und nach militärischen Rücksichten konnten die einrückenden preussischen Generale eine so wichtige Stellung wie die Polizei-Direction der Residenzstadt unmöglich länger in den Händen eines getreuen Anhängers der damaligen Zustände lassen. Es kam nun die

Zeit, wo „die Charactere anfingen sich zu entblättern gleich den Bäumen des Herbstes bei einem Nachtfrost; da sah man viele mit nackten Reisern, des Laubes beraubt, womit sie sich in dem Umgang des gewöhnlichen Lebens verhüllten.“

Mein Vater bewährte sich in dieser schwersten Periode, wie es Jeder von ihm erwartete. Als die hannoversche Armee ihre Bewegung nach dem Süden begann, blieb bei dem überraschten Zustand, in welchem sie sich befand, wenig Hoffnung, dass sie sich durchschlagen könnte. Nach Langensalza war das erste Gefühl: „Alles verloren, nur die Ehre nicht“, und in jenen Tagen bemerkte er richtig, dass Hannovers Schicksal erst auf den böhmischen Feldern entschieden werden dürfte. Nachdem die Annexion sich vollendet hatte, war es bei seinem hohen Alter nur eine Frage der Zeit, wann er in den Ruhestand treten würde; er wollte aber auf dem Posten ausharren, bis die definitiven neuen Organisationen im Medicinalwesen getroffen sein würden, wobei seine langjährige Erfahrung von so vielfachem Nutzen sein konnte. Wer will es tadeln, wenn er der Jugend constante Hoffnung nicht theilen mochte, dass das glänzend begonnene Werk zur Einigung Deutschlands führen werde. Am schwersten war es zu ertragen, wie gerade die Alliirten der Schlacht von Waterloo, deren Verwundeten er einst verbunden hatte, mit den Waffen auf einander treffen mussten. Er hatte es noch erlebt, als von Leipzig her die Befreier kamen; das Aufblühen Hannovers nach langer wechselvoller Fremdherrschaft hatte er mitgesehen, die Freude mitempfunden, wie auch die Verbindung mit England gelöst wurde. Seine Vaterstadt war ihm lieb und werth — hatte er doch ihre Einwohnerzahl allmälig auf das Dreifache heranwachsen sehen — und er fühlte sich den hannoverschen Bürgern zum besonderen Dank verpflichtet, welche kaum ein Jahr vorher auf sein Ansuchen die Naturforscher gastfrei aufgenommen hatten. So tief er den Verlust der Unabhängigkeit betrauerte, hielt er sich doch gänzlich fern von dem phantastischen Treiben Derjenigen, welche damals einen anderweitigen Umsturz herbeiwünschten und auf nicht gerade verständige Art zu befördern suchten. Nachdem er sich einmal entschlossen hatte, einen neuen Eid zu leisten, verstand es sich von selbst, dass er ihn auch halten werde: aufrichtig, wenngleich nicht mit leichtem Herzen.

Durch die vollständige Einverleibung Hannovers in den preussischen Staat hörten Ende 1867 die wesentlichsten Befugnisse des Ober-Medicinal-Collegium von selbst auf. Die ärztliche Freizügigkeit machte alle Gutachten über zu besetzende Stellen entbehrlich und die Verlegung des medicinischen Staats-Examens nach Göttingen brachte ohnehin die Mitglieder aus jedem Zusammenhang mit den Aerzten des Landes. Die medicinal-polizeilichen Angelegenheiten, welche früher so viel geistige Anstrengung erforderten, wurden seitdem in gleichmässiger Weise für ganz Preussen regulirt. Unter diesen Umständen

war eigentlich eine factische Pensionirung schon eingetreten, um die formelle suchte er nach, hat sie aber nicht mehr erhalten. Schmerzlich wurde er berührt, als sein ehemaliger Prosector, langjähriger Freund und College, der Geh. Ober-Medicinalrath Baring* im Anfang des Jahres 1867 einem Ulcus perforans erlegen war.

Meines Vaters Gesundheit war in gewissem Sinne eine vorzügliche gewesen. Obgleich von zartem kleinem Körperbau hatte er doch mit Ausnahme des schon erwähnten Typhus keine ernstliche Erkrankung zu bestehen gehabt. So weit meine eigene Erinnerung reicht, habe ich ihn niemals bettlägerig gesehen. Ueber kleine Leiden wie Erkältungen, Rheumatismus, Zahnschmerzen, Zoster, Lymphangitis etc. war jedoch manchmal zu klagen gewesen. Zuerst im November 1864 trat plötzlich ein Anfall auf, in welchem die Worte nicht gefunden werden konnten. Er war bei klarem Bewusstsein, sprach aber unverständlich und geradezu ganz andere Dinge, als er eigentlich sagen wollte. Später wiederholten sich solche Vorkommnisse 1865 und 1867, wobei zugleich die Herrschaft über die Armbewegungen eine unvollständige wurde. Indessen schienen die Pausen zwischen den Anfällen eher grösser als kleiner zu werden und obgleich er selbst sich darüber beunruhigte, trat doch keine dringende Gefahr in den Vordergrund.

Als ich im December 1867 nach Hannover kam, um das Weihnachtsfest im väterlichen Hause zuzubringen, hielt ich es für geeignet, mit meinem hochgeschätzten Verleger, Herrn Obercommerzrath Hahn, meines Vaters Schulfreunde, dem so viele Forscher die Möglichkeit verdanken, ihre Erstlings-Arbeiten haben veröffentlichen zu können, in Bezug auf die hier vorliegende Monographie abzuschliessen. Wie schon früher bemerkt wurde, war dieselbe für das am 30. December 1868 in Aussicht stehende Doctor-Jubiläum meines Vaters bestimmt. Wohl konnte ich mich dabei einer bangen Ahnung nicht erwehren. Die sonst so feste Gesundheit schien zu wanken; abgesehen von den erwähnten leisen Schlaganfällen, die sich damals lange nicht gezeigt hatten, wollte mir ein andauernder Bronchialcatarrh mit heftigsten Hustenanfällen nicht gefallen, da ich wusste, wie leicht sich bei betagten Personen eine rasch tödtliche Pneumomie entwickeln kann. Ferner war ich erschüttert, die frühere heitere Pracht seiner Züge, welche eine Lithographie nicht wiederzugeben vermag, verändert zu sehen. Erstere waren entschieden schärfer und ernster geworden, obgleich zeitweise die gewohnte herzgewinnende Freundlichkeit aus ihnen leuchtete. Er war offenbar gealtert, während er sonst den Eindruck eines Fünfziger, nicht eines Siebenziger machen konnte. Dazu kamen ganz ungewohnte Klagen über Erschöpfung und Arbeits-Ueberhäufung, namentlich Examina. Ich tröstete mich damit, dass durch die im Januar 1868 realisirte

* Verfasser des den Chirurgen wohlbekannten Werkes: Ueber den Markschwamm der Hoden. Hannover, 1833.

Verlegung der medicinischen Staats-Examina nach Göttingen ein Theil dieser Bürden erleichtert werden würde, hoffte auf den Sommer, eine Reise in die Schweiz u. s. w. Jedenfalls blieb, da die Zeit drängte, nichts übrig, als mit der Verlagshandlung einen bestimmten Termin zu verabreden, wonach spätestens im Herbst 1868 der Druck beginnen sollte, um im December vollendet zu sein.

Das Thema hatte ich seit 1864 ausgewählt. Unter den zahllosen Fortschritten der modernen Histologie interessirte sich der zu Beglückwünschende am meisten für die Endigungen der Muskelnerven. Vielleicht schon desshalb, weil es die letzte Arbeit war, die aus seinem Institute hervorgehen sollte. Als ich mich 1862 damit beschäftigte, war es mir noch einmal vergönnt, in meiner Vaterstadt den Studien ungestörte Monate zu widmen. Manchmal holte er mich von der Anatomie ab, wo ich täglich arbeitete und die Unterhaltungen auf dem Heimwege drehten sich regelmässig um die mir damals so räthselhaften Platten-förmigen Endorgane. Für die Füllung von Lymphgefässen mit erstarrenden Massen, die mich gleichzeitig in Anspruch nahm, hatte er weniger Theilnahme und wenn die Vorzüge der neuen Injectionsmethoden (mit Leim und salpetersaurem Silber nach Teichmann) auch anerkannt wurden, so blieb von seiner physiologischen Einsicht die Bemerkung nicht aus, dass damit über den Anfang der Lymphgefässe in den meisten Geweben und die Modalitäten der Lymph-Entstehung doch kein neues Resultat gewonnen werden könne. Als ich später in den menschlichen Darmzotten Lymphgefässnetze injicirte und abbildete, konnte jener Einwurf nur von Neuem aufleben, denn über eine Bestätigung der von ihm unter grösseren Schwierigkeiten erkannten Thatsachen kam auch hier die neue Untersuchungsmethode nicht hinaus.

Anders lag die Sache bei der Endigung der Muskelnerven und vielleicht mag sich sein selten irrendes Urtheil in Betreff der Wichtigkeit der Sache noch bewähren, wenn erst die physicalische Forschung eines Objectes sich bemächtigt haben wird, welches wie kaum ein anderes geeignet erscheint, bei den tiefsten Problemen der Nerven- und Muskel-Mechanik ihre Leistungsfähigkeit zu demonstriren.

Wie dem auch sei, mein Vater sollte sein Jubiläumsfest nicht mehr erleben, und die Gratulations-Anrede musste in einen Necrolog verwandelt werden. Wie schon bemerkt, pflegte er viele Jahre früher davon zu sprechen, an diesem Tage in den Ruhestand zu treten. Wenn ihm dann noch geistige Kraft geblieben wäre (die er bis zu seinem letzten Athemzuge in fast unveränderter Weise behalten hat), so wollte er mit stiller Musse den II. Band seiner Anatomie vollenden. Im März 1868 begann sein Leiden mit einem nächtlichen Anfalle von Dyspnoe. Er musste das Bett verlassen, um in vornübergebeugter Stellung Athem zu schöpfen. Nach einigen Stunden

war der Anfall vorüber; als aber Wiederholungen eintraten, wurde ich aus Göttingen berufen. Die ärztliche Behandlung war ursprünglich von meines Vaters langjährigem Freunde und Collegen im Ober-Medicinal-Collegium, dem Geh. Ober-Medicinalrath Dr. Kaufmann übernommen, der ihm schon nach fünf Monaten im Tode folgte. Bald wurde eine jüngere Kraft: Herr Sanitätsrath Hüpeden zu Hannover hinzugezogen, mit dem ich seit der Universitätszeit befreundet bin. Vergebens war die treue Sorgfalt der Aerzte. Es handelte sich um atheromatöse Degenerationen der Arterien ohne Betheiligung des Herzens, chronische Nephritis mit bedeutender Albuminurie, wozu schon vorher die bekannten Prostrata-Beschwerden des Alters kamen. Noch einmal schien Hoffnung zu winken. In den Ostertagen 1868 fühlte der Kranke vollständige Erleichterung. Die nächtliche Ruhe blieb ungestört, am Tage wurden alle Krankenbesuche und sonstigen Amtsgeschäfte erledigt, freilich nicht ohne tiefere Erschöpfung. Alle, auch die kleinsten Vorbereitungen für eine baldigst anzutretende Badereise wurden getroffen. Bald aber änderte sich die Sachlage. Die nächtlichen Athembeschwerden kehrten wieder, die Luft des wunderbar schönen Frühlings konnte nur im Wagen geathmet werden; ausser den zeitweisen Rückstauungen von den Lungen her begann Hydrothorax sich auszubilden. Als ich Pfingsten wieder nach Hannover kam, war offenbar das Leben nur noch nach Tagen zu zählen, und das Sprechen kaum unter grosser Anstrengung möglich. Am auffallendsten erschienen regelmässige Intermissionen des Athmens; so zwar, dass in jeder Minute 15—20 Secunden lang Apnoe eintrat, während welcher gar nicht geathmet wurde, worauf dann binnen des Zeitraums von 40—45 Secunden etwa 20 tiefe Respirationen folgten. Hüpeden hatte früher einmal ähnliche Intermissionen gesehen; die berühmtesten Kliniker, die ich später befragen konnte: Frerichs, Hasse, Lebert sagten übereinstimmend, dass die Erscheinung wenn auch selten, doch schon von ihnen selbst beobachtet sei; gleichwohl hatte ich sie in der mir zu Gebote stehenden Literatur nicht erwähnt gefunden.

Die letzte schriftliche Ausarbeitung, nur 12 Tage vor dem Ende, betraf die Zukunft des anatomischen Theaters zu Hannover, und gab Bericht über Verhältnisse des Instituts, welche fast Niemand mehr kannte als Derjenige, dem dasselbe in der wissenschaftlichen Welt sein Dasein verdankte.

Der traurige Krankheits-Verlauf nahm etwa 10 Tage vor dem Tode mit dem Auftreten von Lungen-Hypostase und blutigen Sputis eine entscheidende Wendung. Zum letzten Male verklärte Theilnahme an wissenschaftlichen Dingen die lieben Züge, als ich die eben fertig gewordenen Tafeln zur „Membrana fenestrata der Retina“ vorlegen konnte. Selbst in diesem Zustande fand das Auge des erfahrenen Anatomen auf den ersten Blick die Fg. 2. auf Taf. I. als wichtigstes Object heraus. Die fragliche

Figur repräsentirt eine an sich ziemlich unscheinbare Flächenansicht jener gefensterten Membran.

Trotz der grossen Beängstigungen, die in jeder Körperstellung mit Erstickung drohten, trat fast niemals eine Klage über seine Lippen. In Betreff seines Zustandes war der Kranke vollkommen im Klaren. Als die ersten blutigen Sputa kamen, bemerkte er: sonst habe man das Pneumonia notha genannt. Nach einer ärztlichen Consultation, an welcher Mehrere Theil nahmen, fragte er mich mit ein wenig ironischem Beiklang: was die Herren beschlossen hätten, und setzte hinzu: „Ich wüsste wohl, was ich thäte.“ Darauf liess er Papier und Feder kommen, und verordnete sich mit fester Hand Opium, bei welchem gerade an dem Tage auch der ärztliche Rath angekommen war. Aber merkwürdig — das übrigens vollkommen richtige Recept enthielt einen Fehler in der Jahreszahl: es stand das längstvergangene Jahr geschrieben, in welchem sein Sohn geboren wurde. Dasselbe mochte seinem Gedächtniss sich tiefer eingeprägt haben, als manches andere schnellverrauschte Lebensjahr.

Die Nächte waren in der letzten Zeit unruhig; belästigende Träume nahmen die geringe Erquickung. Sie drehten sich zum Theil um Berichte, die der Kranke an die neuen Behörden über Medicinal-Zustände in der westphälischen Zeit Hannovers machen zu müssen glaubte, von welcher Periode er ja noch aus eigener Anschauung Erinnerungen bewahrte. Am Tage vor seinem Ende nahm er mit klaren herzlichsten Worten Abschied von den Seinigen, die alle sein Lager umstanden. Ein sanfter Schlaf brachte am Morgen des 8. Junius 1868 die Erlösung.

Unter den vielen theilnehmenden und anerkennenden Briefen, welche seine Familie in der nächsten Zeit erhielt, dürfte der hier abgedruckte das competenteste Urtheil abgeben. Ich erhielt denselben von Herrn Geh. Regierungsrath von Warnstedt, Curator der Universität Göttingen, der in seinem langjährigen Aufenthalte zu Hannover Gelegenheit gefunden hatte, die vielseitige Thätigkeit des Entschlafenen aus eigener Anschauung zu würdigen.

„— mit inniger Theilnahme des Herzens ersehe ich aus Ihrem mir so eben zukommenden Briefe von gestern, ein wie schwerer Verlust Sie, Ihre verehrte liebe Mutter und Schwester in dem Dahinscheiden Ihres edlen Vaters getroffen hat. Die geistige Elasticität, mit der Ihr lieber Vater auch eigene Leiden trug, hatte mich in der Hoffnung bestärkt, dass die Krankheit, an welcher er litt, von ihm noch einmal überwunden werden würde.

Ich weiss, was Sie und die Ihrigen an einem solchen Haupte der Familie verlieren; die Wissenschaft verliert an dem Dahingegangenen einen Mann voll der seltensten Vereinigung von wissenschaftlicher Tiefe und bis

in's Alter fortgesetzter wissenschaftlicher Studien, sowie praktischer ausgedehnter Erfahrung, das Land einen um die Pflege des Medicinalwesens hochverdienten Mann, das Ober-Medicinal-Collegium seine eigentliche Seele und einzigen Mittel- und Schwerpunkt, wie viele Familien ihren dankbar verehrten, geliebten, im Grossen und Kleinen bewährt gefundenen, stets gleich sorgfältigen und umsichtigen Arzt und Hausfreund. Auch ich werde mich stets mit grösster Dankharkeit der grossen Freundlichkeit entsinnen, welche der liebe Verstorbene mir bewies — — —

A. v. Warnstedt."

Das Grabdenkmal zu Hannover, welches die Liebe der Gattin mit einem Bibelwort schmückte, dürfte längst in Staub zerfallen sein, wenn die Geschichte der Anatomie noch Zeugniss ablegen wird:

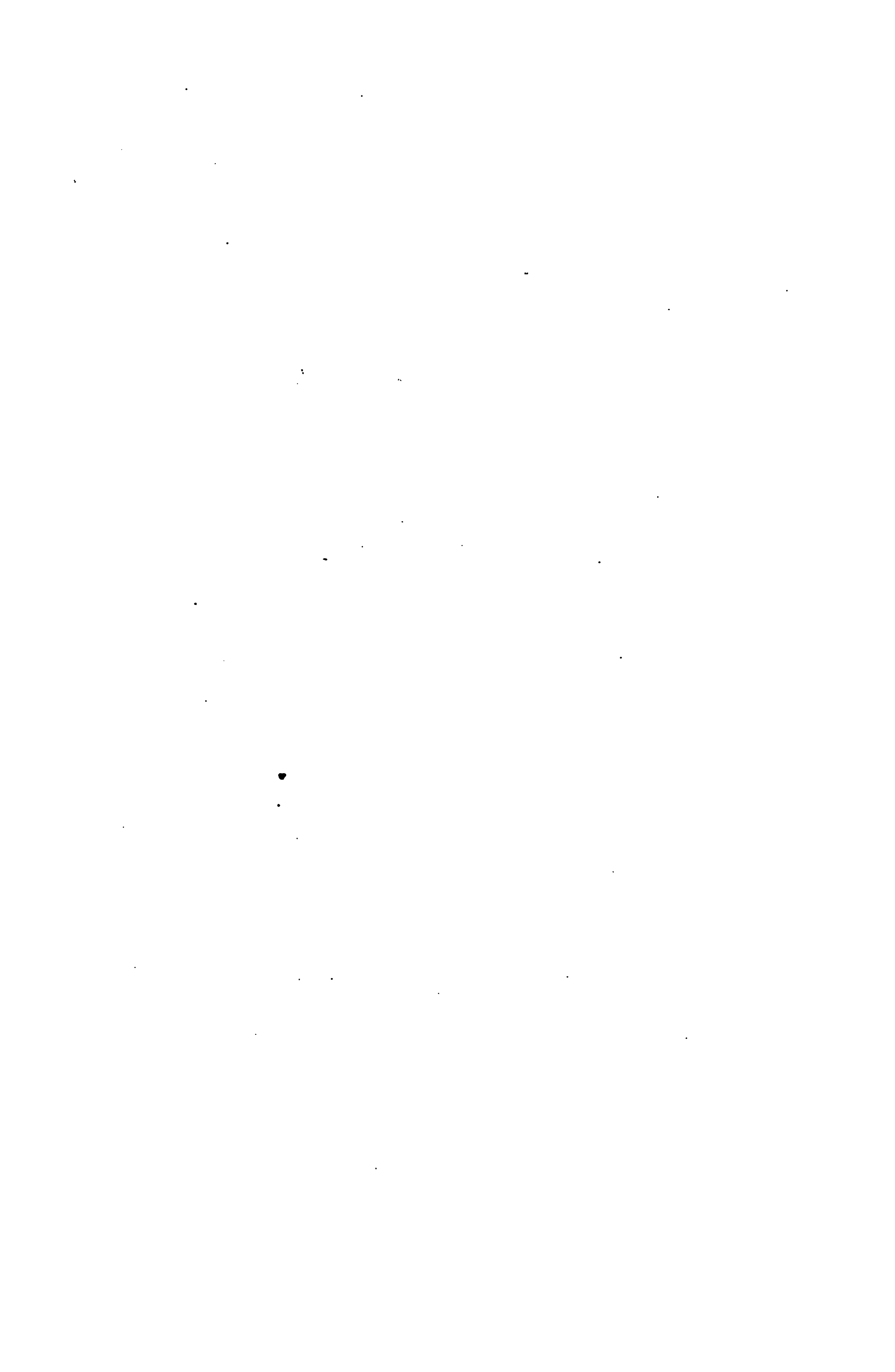
„Nennt man die besten Namen,
So wird auch der Seine genannt!"

DIE

MOTORISCHEN ENDPLATTEN

DER

QUERGESTREIFTEN MUSKELFASERN.



I. Bau der Muskelfasern.*

A. Quergestreifte Muskelspindeln der Wirbelthiere.

Die Entwicklungsgeschichte lehrt, dass die Muskeln des sog. animalischen Systems bei allen Wirbelthieren aus Zellen hervorgehen. Dieselben nehmen eine spindelförmige Form an, während sie bedeutend, namentlich in der Längsrichtung wachsen. Die spindelförmige Gestalt bleibt bei den Elementen der Muskeln aller Wirbelthiere mehr oder weniger auch im ausgewachsenen Zustande erhalten. Desshalb sollen dieselben im Folgenden als quergestreifte Muskelspindeln im Gegensatz zu den glatten Muskelspindeln bezeichnet werden.

Die aus mehreren Zellen (S. unten) hervorgehenden Formelemente der Muskeln von Wirbellosen dagegen können als quergestreifte Muskelcylinder unterschieden werden. Die glatten Muskelspindeln sind, wie später gezeigt wird, zu einer Art von elementaren Bündeln vereinigt, die glatte Muskelcylinder genannt werden sollen. Der Ausdruck Muskelfaser umfasst in der hier gewählten Terminologie alle erwähnten Formelemente gemeinschaftlich. Demnach sondern sich die Muskelfasern in:

A. Quergestreifte Muskelspindeln der Wirbelthiere.

B. Quergestreifte Muskelcylinder der Wirbellosen.

C. Glatte Muskelspindeln, die zu glatten Muskelcylindern vereinigt sein können.

Diese einzelnen Arten von Muskelfasern werden im Folgenden successive abgehandelt.

* Die in Klammern gesetzten Nro., welche in diesem Isten Abschnitt **vorkommen**, beziehen sich auf das im IVten Abschnitt enthaltene Literatur-Verzeichniss **D. vor** Bau der Muskelfasern.

Länge der quergestreiften Muskelspindeln der Wirbelthiere.

In kurzen Muskeln der Wirbelthiere ist die Länge der quergestreiften Muskelspindeln so gross wie die des ganzen Muskels. Die Spindeln reichen mithin von einem Ansatzpunkte bis zum entgegengesetzten. Dieser Satz ist für Säugethiere (M. subcruralis des Menschen, Gesichts- und Halsmuskeln kleinerer Säugethiere Kölliker Nro. 1. — M. retractor bulbi der Katze und des Kaninchens W. Krause Nro. 2. — Intercostalmuskeln des Kaninchens W. Krause — Gliedermuskeln der Fledermaus Kölliker Nro. 3), für den Frosch (Kleinere Muskeln Kölliker Nro. 1. Nro. 4. — Brusthautmuskel Reichert Nro. 5. — M. sartorius Aeby Nro. 6. — Muskeln des Frosches überhaupt Weismann Nr. 7, Kölliker Nro. 8), für die Rumpfmuskeln der Fische (Kölliker Nro. 9) nachgewiesen.

Der Analogie nach wurde allgemein angenommen, dass die Länge der Muskelspindeln nicht geringer sei, als diejenige der mit blossem Auge sichtbaren Bündel des Muskels (S. z. B. Kölliker Nro. 10) resp. der ganzen Muskeln selbst, wenn letztere auch so lang waren wie der M. sartorius (Bowman Nro. 11), M. latissimus dorsi des Menschen (Kölliker Nro. 12).

Seit Haller (Nro. 13) wusste man jedoch, dass in längeren Muskeln einzelne Muskelfasern zwischen den übrigen zugespitzt (acuto fine) aufhören. Rollett (Nro. 14) bestätigte diese Angabe. Dass solche Elemente an beiden Enden abgerundet oder zugespitzt, oder auch getheilt frei auslaufen, zeigten E. H. Weber (Nro. 15), sowie Herzig und Bisiadecki (Nro. 16). Zuerst wurde ferner von E. H. Weber (Nro. 15) diese Gestalt als die normale betrachtet; es ist jedoch mit der von den genannten Forschern angewendeten Methode des Kochens und Zerfaserns von Fleischstücken nicht möglich darzuthun, dass auch grössere Muskeln wirklich nur aus relativ kurzen Muskelspindeln zusammengesetzt sind. Dem entsprechend haben in neuester Zeit Kölliker (Nro. 17) und Frey (Nro. 18) jene Annahme für zweifelhaft, resp. weitere Untersuchungen darüber für erforderlich erklärt, wie es in grösseren Muskeln mit der Länge der Muskelspindeln sich verhalte.

Bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über die Endigung der Muskelnerven hatte ich (Nro. 19) bereits gezeigt, dass wenigstens bei der Katze und im M. sartorius des Menschen die Muskelspindeln niemals länger sind, als 3—4 Cm. Für die Nachweisung dieses Satzes ist der von mir sogenannte M. tensor fasciae cruris der Katze am geeignetsten.

An der unteren Extremität besitzt nämlich die Katze einen Muskel, welcher kein Analogon beim Menschen hat. Vom lateralen Rand des Processus transversus des zweiten Schwanzwirbels entspringt sehnig ein

parallelfasriger Muskel von ca. 14 Cm. Länge, 2—3 Mm. Breite und 0,5 Mm. Dicke. Man findet ihn leicht in einem Schnitt, welcher vom Trochanter major zum Condylus lateralis oss. femoris parallel dem Knochen senkrecht auf die Fläche des sog. M. biceps femoris geführt wird. Bald nach seinem Ursprunge liegt jener Muskel 1—2 Mm. hinter dem N. ischiadicus, von welchem er einen dünnen Zweig erhält. Dann steigt der Muskel schräg nach unten und hinten herab, hinter den Adductoren des Schenkels gelegen, hinten vom M. biceps bedeckt und verliert sich an der Crista tibiae mit einer sehnigen Ausbreitung in die Fascia cruris. Sein unteres Ende ist mit dem des M. biceps verwachsen, jedoch durch eine dünne sehnige Membran abgesondert, so dass die Trennung mittelst der Scheere leicht ist. Von Strauss-Dürkheim (Nro. 20) wird der Muskel als zweiter Kopf des M. biceps femoris (Renforci) aufgeführt; in der That ist derselbe jedoch ein anatomisch betrachtet selbstständiger Spannmuskel der Fascia cruris.

Was seine Wirkung im übrigen anlangt, so wird der Muskel, falls seine Ursprungsstelle fixirt ist, eine ausgiebige und ziemlich kräftige Beugung des Unterschenkels bewirken, weil derselbe in seiner ganzen Länge musculös ist, und, da er sich fast in der Mitte der Länge des Unterschenkels inserirt, an einem vergleichweise sehr langen Hebelarm wirkt. Die Besonderheit seines Vorkommens bei der Katze scheint aber mit der Organisation dieses Thieres für den Sprung im Zusammenhang zu stehen. Der Schwanz dient der Katze als Balancirstange; um den Schwerpunkt des ganzen Körpers weiter nach hinten zu verlegen muss möglichst gerade Haltung desselben beobachtet werden; beim Heben oder Senken rückt der Schwerpunkt nach vorn und oben resp. unten. Seitliche Beugungen führen den Schwerpunkt des Schwanzes und des ganzen Körpers nach derselben Seite. Da nun die Masse beider Unter- und Oberschenkel, welche hier in Betracht kommt, offenbar weit bedeutender ist als die des Schwanzes; da ferner durch die beträchtlichen Muskelmassen der unteren Extremität die Insertionsstelle des Muskels leicht unbeweglich fixirt werden kann, wenn das Thier in der Luft schwebt, so wird unter diesen Umständen ein Zusammenwirken des linken und rechten Muskels den in der Medianlinie ausgestreckten Schwanz nach unten beugen, u. s. w. War der Schwanz beim Beginn des Sprunges gehoben, so wird während desselben durch Contraction des Muskels bis zum Horizontalstellen des Schwanzes der Schwerpunkt nach hinten und unten geführt. War der Schwanz anfangs in Beziehung zur Lendenwirbelsäule gradlinig gestreckt, diese selbst aber in ihren ersten Wirbeln nach oben gekrümmt, oder stand das Vorderende der Katze überhaupt beim Beginn des Sprunges tiefer als das Hinterende, so tritt dieselbe Veränderung der Lage des Schwerpunkts ein, wie sich leicht durch geometrische Darstellung veranschaulichen lässt. Unter diesen gewiss häufig vorkommenden Umständen kann durch Contraction des Muskels bewirkt werden, dass die Hinterfüsse eher den Boden erreichen, als sie sonst gethan hätten: die Katze fällt auf alle vier Füsse, anstatt nur auf die vorderen. Wäre der Muskel

nur kurz und mit einer langen Sehne versehen, wie sie den gewöhnlichen Spannmuskeln der Extremitätenfascien meistens zukommt, so würde die absolute Verminderung der Distanz beider Anheftungspunkte viel geringer ausfallen müssen. Für die Bedeutung des Muskels spricht endlich sein ganz constantes Vorkommen ohne alle Varietäten.

Legt man nun den Muskel 4 Stunden in gewöhnliche concentrirte reine Salpetersäure und dann 24 Stunden in Glycerin, so nimmt die Länge und Breite etwa um den dritten Theil ab, die Dicke dagegen etwas zu. Durch Zerfasern in Glycerin oder Wasser auf schwarzer Unterlage kann man dann leicht isolirte Muskelspindeln darstellen. Dieselben sind in der Mitte ihrer Länge am dicksten, an beiden Enden meistens zugespitzt. An den Befestigungsstellen des Muskels finden sich abgerundete Enden, im übrigen Theil meistens beiderseits spindelförmig auslaufende Elemente; es kommen auch im Inneren des Muskels einzelne vor, deren eines Ende kolbig abgerundet ist, wahrscheinlich an einer Ansatzstelle an das Perimysium internum. Häufig findet sich an einer Seite ein spindelförmiges Ende, an der anderen mehrere astähnliche Ausläufer; in allen Fällen werden die Enden von Bindegewebsfasern umfasst. Ueber die Theilungen der Muskelspindeln s. unten (Motorische Endplatten, M. retractor bulbi der Katze). Die isolirten Muskelspindeln sind meistens gebogen und bieten mannigfache microscopische Krümmungen in ihrem Verlaufe dar. Ihre Länge (1—4 Cm.) kann desshalb nicht genau gemessen werden, gewöhnlich beträgt sie 2—3,5 Cm.; im natürlichen Zustande muss sie mit Rücksicht auf die oben angegebene Formänderung des ganzen Muskels wohl noch höher angenommen werden.

Die bisher sogenannten quergestreiften Muskelfasern sind also durchweg spindelförmige Elemente. Für den Nachweis dieses Satzes müssen jedoch einige Fehlerquellen berücksichtigt werden. Aus Muskeln, die in Salpetersäure und nachher in Glycerin gelegen haben, kann man einzelne scheinbar einfache Fasern isoliren, deren Länge viel beträchtlicher ist als 4 Cm. Durch weiteres Zerfasern, jedenfalls aber mit Hülfe des Microscops lässt sich zeigen, dass jede solche sehr lange Faser aus zwei spindelförmigen Elementen besteht, deren einander zugewandte Enden noch eine Strecke weit gegenseitig verklebt waren. Der Einwurf, dass es sich um Kunstproducte handele, hervorgebracht durch mechanisches Ausziehen der abgerissenen Muskelspindeln zu dünnen Fäden, wenn man nämlich dem Glycerin die Eigenschaft zuschreiben wollte, die ersteren wachsartig zähe zu machen, wird somit durch das Microscop widerlegt. Ausserdem kann man im frischen Muskel dieselben freien Enden der Spindeln wahrnehmen (W. Krause, Nro. 21), und es sind auch die spitzen Enden vom Sarcolem allseitig umschlossen. Letzteres Verhalten

ist durch viertelstündiges Einlegen in Kalilauge von 35 % am leichtesten nachzuweisen. Man kann auch die letztere direct dem microscopischen Präparat zusetzen. An abgerissenen Muskelspindeln ist das Verhalten des Sarcolems bei Einwirkung der Kalilauge unter dem Microscop natürlich ein ganz anderes. Diesem Verfahren muss man alle die Fasern unterwerfen, bei denen man Zweifel hegt, ob ihr scheinbares Ende ein natürliches ist. Hiernach sind etwaige Fehlerquellen mit Leichtigkeit auszuschliessen.

Mit derselben Methode erhält man an den verschiedenen langen Muskeln der Katze, sowie am M. sartorius des Menschen dasselbe Resultat (W. Krause Nro. 22). Die analoge Nachweisung ist Nicol (Nro. 23) auch für sämmtliche Muskeln der oberen Extremität des Menschen gelungen. Hier finden sich unter den vorherrschend spindelförmigen Elementen solche mit abgestumpften, eingekerbten, kolbig abgerundeten, fingerförmig getheilten Enden. Nicht selten kommen Muskelspindeln vor, deren Enden zwei beliebig verschiedene dieser mannigfaltigen Formen als Endigung zeigen. Unter allen Umständen aber ist die Dicke der Muskelspindeln in der Mitte ihrer Länge bedeutender, als nach den Enden zu, selbst wenn letzere kolbig abgerundet erscheinen, wie es namentlich beim Frosch der Fall ist. Es lässt sich danach nicht im Mindestens mehr bezweifeln, dass es sich um ein ganz allgemeines Gesetz handelt. In kurzen Muskeln und bei kleinen Thieren auch in den längsten Muskeln sind alle Muskelspindeln oder doch die meisten so lang wie die Muskeln selbst. In den langen Muskeln bei grösseren Thieren aber überschreiten sie niemals die oben angegebene Länge von etwa 4 Cm. Diese Begrenzung des möglichen Grössenwachsthums der quergestreiften Muskelspindel ist begreiflich, wenn man weiss, dass jede derselben aus einer einzigen embryonalen Zelle hervorgeht. Ueber diesen wichtigen Punkt aber lauten die Angaben (Prévost, Lebert, Remak, Kölliker, Frey, M. Schultze, Weismann, F. E. Schulze, C. O. Weber, Zenker) für die Wirbelthiere übereinstimmend und ich kann dieselben nach eigenen Untersuchungen am Kaninchen und Frosch bestätigen. Da auch das glatte Muskelgewebe aus Zellen besteht, die das ganze Leben hindurch ihren Zellen-Character bewahren, so ist wie man sieht die Uebereinstimmung zwischen den genannten contractilen Geweben eine vollständige, und es erscheint gerechtfertigt, die beiden Arten von Elementen mit Rücksicht auf ihre Gestalt als quergestreifte und glatte Muskelspindeln zu bezeichnen. In der That sieht eine durch Salpetersäure und Glycerin isolirte quergestreifte Muskelspindel 25 mal vergrössert genau so aus, wie eine nach derselben Methode isolirte glatte Spindel bei 250

Vergrösserung. Die sonst bekannten Thatsachen stimmen mit dem angeführten Gesetze sehr gut überein. In kurzen Muskeln sind wie gesagt alle Spindeln von einem Ende bis zum anderen direct zu verfolgen; sie haben dieselbe Länge wie die Muskeln selbst. In Muskeln wie der M. gastrocnemius des Frosches, in welche ihre Sehne hineinragt, so dass die Muskelspindeln sich schräg an dieselbe ansetzen, tritt die Möglichkeit ein, dass die gegebene Länge der einzelnen Spindeln ausreicht, um einen längeren Muskel zusammenzusetzen, ohne dass freie Enden im Inneren des Muskels vorzukommen brauchten. Meistens sind jedoch die Verhältnisse dieselben wie in dem beschriebenen M. tensor fasciae cruris d. h. wie im glatten Muskelgewebe überhaupt. Da die Muskelspindeln eine unter dem Microscop beträchtlich erscheinende Länge besitzen, so erklärt es sich, dass sie fast immer von merklich parallelen Contouren begränzt werden. Der verschiedene Querdurchmesser der Spindeln in demselben Muskel, welcher auf Querschnitten oft sehr deutlich hervortritt, beruht auf dem Umstande, dass einzelne Muskelspindeln in der Nachbarschaft ihres Endes durchschnitten waren.

Was die physiologische Bedeutung der besprochenen Thatsachen betrifft, so ist sie noch wenig gewürdigt worden. Bisher schien es sich, wie man annahm, nur um einzelne Spindeln zu handeln, die gleichsam abortiv im Muskel endigten, ohne ihre eigentliche Bestimmung, nämlich den Ansatz an ihre zugehörige Sehne zu erreichen. Desshalb mag hier bemerkt werden, dass das fragliche Verhältniss nicht geeignet zu sein scheint, die mechanische Leistungsfähigkeit der Muskeln herabzusetzen. Sämmtliche Muskelspindeln sind wie gesagt an ihren Enden vom Sarcolem allseitig umschlossen. Mag das Ende an einem Sehnenansatze gelegen sein, oder im Inneren des Muskels selbst, wo dann dieselben Verhältnisse wiederkehren, wie sie im glatten Muskelgewebe constant sind, stets wird das erstere von einigen Bindegewebsfasern umfasst, welche eben so gut geeignet sind mechanischen Zug fortzupflanzen, ob sie nun einer darstellbaren Sehne angehören, oder bisher dem sogenannten interstitiellen Bindegewebe der Muskeln zugerechnet worden sind. Im Gegentheil dürfte die mechanische Wirkung sich vortheilhafter gestalten, als wenn die Muskelspindeln von einem Ansatzpunkte des Muskels bis zum andern reichten. Denn z. B. für den M. sartorius des Menschen würde im letzteren Falle die Form der quergestreiften Muskelspindel sich mit der eines Drathes vergleichen lassen von 1 Linie Dicke auf 100 Fuss Länge. Für manche Muskeln grösserer Thiere aber würde das Verhältniss sich noch weit ungünstiger für die Fortpflanzung mechanischen Zuges herausstellen.

Die Muskelspindeln in der Längsansicht.

Aus dem Gesagten ergibt sich, dass die quergestreiften Muskelspindeln langgestreckte Zellen sind. Ihre Umhüllung bildet das structurlose Sarcolem, welches mithin den Werth einer Zellmembran besitzt. Wie bekannt sitzen an dessen Innenfläche stets Kerne, die im Folgenden Sarcolemkerne genannt werden. Man muss sie unterscheiden von den Muskelkernen, worunter ausschliesslich die im Inneren des Sarcolem-Inhaltes vorkommenden Kerne verstanden werden sollen. Letztere finden sich nicht bei den Säugern und den meisten Muskeln der Vögel, wohl aber in den Brustmuskeln von Tauben und Hühnern (Rollet, Nro. 24). Ferner haben die Muskelspindeln bei Reptilien, Amphibien und Fischen immer Muskelkerne. Die Form und das chemische Verhalten der Sarcolem- und Muskelkerne ist stets übereinstimmend. Sie sind abgeplattet cylindrisch, an den Enden abgerundet oder etwas zugespitzt und gegen Säuren resistent. Ihre Grösse ist bei demselben Thier ziemlich constant, bei höheren Wirbelthieren sind sie kleiner als bei niederen. Ihr Inhalt ist im frischen Zustande klar und zeigt nur ein oder zwei Kernkörperchen; durch Säuren tritt eine körnige Gerinnung des Kerninhalts ein. Die scharfe Contour gilt als Ausdruck einer Membran.

Der Sarcolem-Inhalt oder die contractile Substanz, wie derselbe nach Abzug der Muskelkerne bezeichnet werden soll, besitzt nach neueren Ergebnissen (W. Krause, Nro. 25. Nro. 26.) eine weit complicirtere Structur, als man früher angenommen hatte.

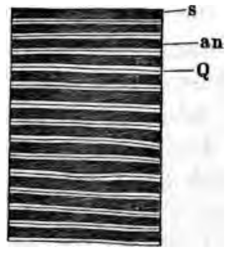
Die quergestreiften Muskelspindeln zeigen bei 3—400 maliger Vergrösserung in der Längsansicht alternirend hellere und dunklere Querstreifen, die eine messbare Breite besitzen.

Vor weiterem Eingehen auf den Bau der Muskelspindel ist es unerlässlich, über die Focusstellung sich zu verständigen, auf welche sich die Beschreibung beziehen soll.

Bekanntlich erscheinen bei Focus-Verschiebung abwechselnd die dunkeln Querstreifen hell, die hellen dagegen dunkel und umgekehrt. Diese wohl jedem Beobachter bekannte Thatsache ist von Dobie (Nro. 27. 1849), Rollett (Nr. 28. 1857) und Haeckel (Nr. 29. 1857) besonders erwähnt worden, und hat Ersterem zur Aufstellung einer eigenthümlichen Theorie über die Entstehung der Querstreifung Veranlassung gegeben. Die genauere Untersuchung zeigt, dass diejenige Focusstellung, von welcher alle Beobachter bei ihren Beschreibungen seit Dobie stillschweigend ausgehen und die auch bei weitem den meisten Abbildungen zu Grunde liegt, eine solche ist, wie sie im Folgenden schlichtweg als die „richtige“ bezeichnet werden soll. In dieser Stellung wird die als cylin-

drisch zu betrachtende, genau horizontal liegende Muskelspindel von der Focal-Ebene ihrer Länge nach halbirt. Daher wird ihr Querdurchmesser der gröstmögliche, das Sarcolem und die Ränder der Muskelspindel sind scharf begrenzt. Die unter diesen Umständen dunkel erscheinenden oder eigentlich mit dunkeln Rändern versehenen Querstreifen sollen im Folgenden als die „dunkleren“ oder schlichtweg als dunkle bezeichnet werden. Dieselben bleiben in ihrem Aussehen bei Focus-Verschiebung unverändert, so lange die Focalebene innerhalb der Dicke der cylindrischen Muskelspindel sich befindet. Sobald aber der Focus so stark gehoben wird, dass die Oberfläche der Muskelspindel eingestellt ist, ändert sich das Aussehen. Die bisher hellen Querstreifen werden dunkel und umgekehrt. Obwohl diese Focus-Stellung in praktischer Beziehung fast niemals benutzt worden ist, resp. benutzt zu werden braucht, so soll sie doch der Einfachheit wegen „zu hohe“ Focus-Stellung genannt werden. Dobie bezeichnete dieselbe als *„superficial“*. Die in zu hoher Focusstellung sichtbaren dunklen Querstreifen sind schmaler als die hellen. Ein auf anderen Ursachen beruhender Wechsel oder richtiger eine Verschiebung der dunkeln und hellen Querstreifen tritt bei richtiger Focusstellung dann ein, wenn die Muskelspindel nicht genau horizontal gelagert ist und die Scheiben, aus denen sie sich zusammensetzt, wegen dieses Grundes, oder weil sie windschief sich gebogen haben, nicht genau senkrecht stehen. Unter diesen Umständen muss, wie von selbst einleuchtet, ein Wechsel von hell und dunkel in Bezug auf die Querstreifen auch bei richtiger Stellung des Focus fortwährend die Verschiebung des letzteren begleiten. Diese sehr häufig vorkommende Erscheinung ist leicht auf ihre wahre Ursache zurückzuführen und braucht hier nicht weiter berücksichtigt zu werden. Im Folgenden werden, wo nicht besonders etwas Anderes bemerkt ist, „richtige“ Focusstellung und genau horizontal liegende Muskelspindeln als selbstverständlich vorausgesetzt. Bei derselben Einstellung sind auch die Abbildungen gezeichnet.

Fg. 1.

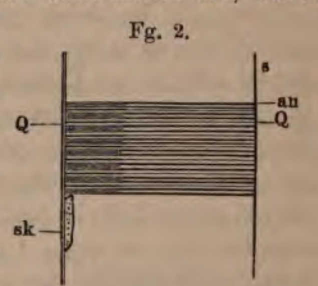


Theil einer Muskelspindel aus dem M. extensor pedis eines wegen einer Quetschung eben amputirten Fusses. Ohne Zusatz. Vergr. 650. *s* Sarcolem. *an* dunkles Querband. *Q* Querlinie. Die dunkeln Querbänder sind einfach dunkel gehalten.

Betrachtet man nun eine Muskelspindel irgend eines Wirbelthieres mit starken Vergrösserungen, so fällt eine dritte Art von Querstreifen auf, die als sehr feine (0,0003 Mm.) dunkle Linien erscheinen. Zum Unterschiede mögen die breiteren, von Alters her bekannten Streifen als helle und dunkle Querbänder, die feineren, bisher unbeachteten als Querlinien unterschieden werden. Durch eine solche Querlinie, die ebenfalls auf der Längsrichtung der Muskelspindel senkrecht steht, wird jedes helle Querband in seiner Mitte halbirt (Fg. 1). Die

dunkeln Querbänder sind anisotrop, zugleich von matterem Aussehen und stärker lichtbrechend. Letztere Eigenschaft erkennt man an einer hellen Linie, welche in der Querrichtung der Muskelspindel jedes dunkle Querband halbirend in der Mitte des letzteren verläuft. Dieser helle Mittelraum ist in vielen bisherigen naturgetreuen Abbildungen wiedergegeben (Nro. 30). Die Erscheinung zeigt sich namentlich deutlich, wenn der Dickendurchmesser der Muskelspindel beträchtlich ist, daher besonders bei niederen Wirbelthieren (Fg. 2). Es ist ein optischer Effect, wie derselbe an allen durchsichtigen Körpern von relativ hohem Brechungsindex unter dem Microscop auftritt, und ganz analog dem hellen Centrum z. B. eines Fetttropfens.

Fg. 2.



Theil einer Muskelspindel aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Linkerhand Einwirkung von 3%iger Essigsäure, rechterhand ist die Muskelspindel noch unverändert. Vergr. 600. *s* Sarcolem. *s k* Sarcolemkern. *Q* Querlinie durch Essigsäure hervortretend. *an* dunkles Querband; jedes derselben zeigt dunkle Contouren und eine helle Linie zwischen denselben bei „richtiger" Focus-Einstellung.

Die hellen Querbänder dagegen sind isotrop, schwächer lichtbrechend und fast ganz durchsichtig. Die Dickenausdehnung derselben in der Längsrichtung der Muskelspindel ist im nicht gedehnten Zustande der letzteren ein wenig geringer als diejenige der dunkeln Querbänder. (S. unten Dimensionen.) Man hat daher die Substanz der dunkeln Querbänder als Hauptsubstanz, die der hellen Querbänder als Zwischensubstanz bezeichnet.

Die Querlinien sind an Längsstreifchen, die man mit der Scheere aus Säugethiermuskeln ausschneidet, ohne Zusatz wahrnehmbar. Am leichtesten werden sie unter diesen Umständen an etwas gedehnten Muskelspindeln erkannt. Um sie zu sehen, genügt eine 450malige Vergrösserung. Besser ist es natürlich, eine stärkere 600—1000fache Vergrösserung eines guten Immersionssystems anzuwenden. Unter günstigen Umständen sind sie mit jedem Microscop sichtbar; der Grad der Deutlichkeit und die Details, welche man an ihnen wahrnimmt, bilden jedoch einen Prüfstein für die Leistungsfähigkeit eines Microscops. Namentlich die, wie hier bemerkt werden mag, um ein Wenig schwerer sichtbaren Querlinien in den Frochmuskelspindeln können als bestes Probe-Object empfohlen werden. Bei dieser Prüfung bewähren sich die Hartnack-schen Linsen ausgezeichnet.

Am vortheilhaftesten ist es, zunächst auf Muskelspindeln zu achten, deren Querbänder sich etwas gebogen haben, wie es leicht zufällig in absterbenden oder gedrückten Muskelstückchen vorkommt. An dem Scheitel der Biegung, also in der Axe der Muskelspindel, weichen unter diesen Umständen die Scheiben der anisotropen Substanz ein wenig

stärker auseinander, und auf diese Weise treten die Querlinien innerhalb der breiter gewordenen hellen Querbänder am deutlichsten hervor.

Besser als in ohne Zusatz untersuchten Präparaten sind die Querlinien an isolirten Muskelspindeln wahrzunehmen. Man bedarf dann einer Zusatzflüssigkeit, wozu sich am meisten frisches Hühnereier-Eiweiss empfiehlt. Man kann auch eine 4%tige Lösung von phosphorsaurem Natron, oder destillirtes Wasser verwenden. Viele andere Zusatzflüssigkeiten geben dieselben Bilder, namentlich wolframsaures Ammoniak (Nro. 31), 5% molybdänsaures Ammoniak u. s. w. Um jeden Druck auf die isolirte Muskelfaser auszuschliessen, unterstützt man das Deckgläschen in bekannter Weise durch ein untergelegtes Stückchen Muskelsubstanz oder Bindegewebe etc. Auf diese Art isolirte Muskelspindeln kann man unter dem Microscop durch Verschiebung des Deckglases um ihre Längsaxe rotiren. Die Querlinien bleiben dabei unverändert; sie erscheinen mithin in jeder Längsansicht der Muskelspindel. Auf dem Querschnitt der letzteren ist dagegen nichts von ihnen wahrzunehmen, wie gleich hier bemerkt werden soll. Folglich ist jede Querlinie der Ausdruck einer in der Querrichtung der Muskelfaser flach ausgebreiteten Substanz, die aus unten zu erwähnenden Gründen als eine Membran gedeutet werden muss.

Die Querlinien erscheinen an lebenden, noch zuckenden Muskelspindeln am deutlichsten. Folglich können sie nicht etwa eine Leichen-Erscheinung sein. Man demonstrirt sie am einfachsten, wenn man den M. pectoralis major eines lebenden Kaninchens benutzt. Sie sind ebensowohl an contrahirten wie an erschlafften lebenden Muskelspindeln, nicht minder an solchen, die aus todtenstarren Muskeln genommen wurden, wie an solchen, die nach Aufhebung der Todtenstarre benutzt werden, wahrnehmbar.

Die verschiedenen Säugethiere und ihre verschiedenen Muskeln bieten keine bemerkenswerthen Unterschiede in der Leichtigkeit, mit welcher die Querlinien aufzufinden sind. Ausser dem Kaninchen kann man mit Vortheil sogenanntes frisches Rindfleisch oder Muskeln vom Schaf, Schwein etc. benutzen, wie man diese Substanzen vom Fleischer erhält. Bei der Maus sind sie etwas zarter; bei Vögeln (Huhn, Taube, Stieglitz) finden sich keine Unterschiede im Vergleich zu den Säugern. Auch beim Menschen ist es sehr leicht, sie darzustellen, sowohl aus der Leiche, wie aus den Muskeln noch zuckender Amputationsstümpfe.

Nachdem constatirt war, dass die Querlinien keine Leichen-Erscheinung sind, waren zwei andere Auffassungen derselben möglich. Erstens konnten sie eine Interferenz-Erscheinung sein, entstanden beim Durchgange der Lichtstrahlen zwischen den sehr nahe aneinander und mit ein-

ander parallel stehenden Scheiben von stärker lichtbrechender, anisotroper Substanz, als deren optischer Ausdruck in der Längsansicht der Muskelspindel die dunkeln Querbänder erscheinen. Zweitens konnte es sich um eine Anordnung handeln, nach welcher dickere und dünnere Scheiben der dunkleren, anisotropen Substanz in der Längsrichtung der Muskelfasern regelmässig mit einander alterniren, während die Zwischenräume je zwei solcher dickeren oder dünneren Scheiben von der schwächer lichtbrechenden isotropen Substanz ausgefüllt werden.

Beide Annahmen sind nicht mit dem chemischen Verhalten der Querlinien vereinbar. Behandelt man ein ohne Zusatz untersuchtes Muskelstückchen irgend eines Wirbelthieres unter dem Microscop mit verdünnter Essigsäure, so verhalten sich Querlinien und dunkle Querbänder verschieden. Die dunkeln Querbänder (Fg. 3) erblassen bei allmäliger Einwirkung des Reagens und die Querlinien treten immer deutlicher hervor. Schliesslich bleiben nur die letzteren übrig (Fg. 4), während die anisotrope mit der isotropen Substanz homogen und vollkommen durchsichtig geworden ist. Man benutzt am besten 3%ige Essigsäure; man kann auch 10%ige verwenden und in verdünnter Natronlauge von ähnlicher Concentration zeigt sich im Anfange der Einwirkung oder so lange eine Querstreifung sichtbar bleibt, ein vollkommen analoges Verhalten. Für die Behandlung mit Natron sind die Augenmuskeln der Katze vorzuziehen. *Die Querstreifen, welche nach Einwirkung der genannten Reagentien sichtbar bleiben, haben mithin eine von denjenigen der frisch untersuchten Muskelspindel ganz verschiedene Bedeutung.* An der letzteren waren bisher nur die dunkeln Querbänder berücksichtigt; an der ersteren erscheinen mit nicht geringerer Schärfe die Querlinien. Dasselbe gilt natürlich von Muskelspindeln, die längere Zeit, z. B. 24 Stunden und länger mit den genannten Reagentien behandelt worden sind, unter Berücksichtigung, dass in Natronlauge die Querlinien nur kürzere Zeit und nicht an allen Muskelspindeln sichtbar bleiben. In diesem verschiedenen chemischen Verhalten liegt der Schwerpunkt der ganzen hier angetretenen Beweisführung, dass Querlinien und dunkle Querbänder unter ein-

Fg. 3.



Theil einer Muskelspindel aus dem M. extensor pedis eines wegen Quetschung eben amputirten Fusses. Ohne Zusatz. Vergr. 650. *s* Sarcolem. *an* dunkles Querband. *Q* Querlinie.

Fg. 4.



Dieselbe Muskelspindel nach Einwirkung von 3%iger Essigsäure. Die dunkeln Querbänder sind verschwunden; die Querlinien *Q* und eine zarte Längsstreifung nebst Fettkörnchen allein übrig geblieben. *s* Sarcolem.

ander gänzlich verschieden sind. Die vorhin aufgeführte Auffassung der Querlinien als Interferenz-Erscheinung ist nach dem Mitgetheilten unmöglich. Denn wenn die Scheiben der anisotropen Substanz durchsichtig geworden sind, können sie den fraglichen Einfluss auf den Gang der Lichtstrahlen nicht mehr ausüben. Da sich die Querlinien und die dunklen Querbänder gegen verdünnte Säuren und Alkalien verschieden verhalten, so können ferner beide nicht aus derselben Substanz bestehen.

Wenn man es einmal weiss, dass Querlinien und dunkle Querbänder ganz verschiedene Dinge sind, so kann man es auf der reinen Längsansicht bei jeder wirklich genau horizontal liegenden Muskelspindel mit dem ersten Blick erkennen, ob ihre Querstreifung an irgend einer Stelle von Querlinien oder dunkeln Querbändern herrührt. Denn die Querlinien sind ausserordentlich dünn, wenn sie auch noch so deutlich erscheinen; die dunkeln Querbänder haben einen bequem messbaren Dickendurchmesser.

Der letztere beträgt nämlich in der Längsrichtung der Muskelspindel bei den Säugern constant 0,0015 Mm., wenn die Muskelsubstanz frisch ohne Zusatz untersucht wird. Ueber die bei den Messungen zu vermeidenden Fehlerquellen sind die Bemerkungen zu der unten mitgetheilten Tabelle zu vergleichen. Die Dicke der Querlinien unter denselben Umständen ist zu 0,0003 anzunehmen. Setzt man nun verdünnte Essigsäure (3—10%) zu dem microscopischen Präparat zu, so bleibt die ursprünglich 0,0021—0,0023 Mm. betragende Distanz zwischen je zwei Querlinien unverändert (Fg. 3 und 4), wenn das zu untersuchende Präparat gegen jeden Druck geschützt war. Die Dicke der Querlinien hat scheinbar ein wenig zugenommen, was nur auf einem rauheren Ansehen ihrer Profilränder beruht; sie beträgt aber nicht mehr als 0,0004 Mm.; der Abstand von je zwei Querlinien wird meistens zu 0,0021 gefunden. Wird die Muskelspindel durch den Druck des Deckglases abgeplattet, so dass ihre Breite z. B. beim Menschen von 0,0339 auf 0,0401 Mm. steigt, so nimmt die Distanz der Querlinien gleichwohl gar nicht oder doch nur sehr wenig z. B. bis auf 0,0019 Mm. ab.

Bisher hat man die Veränderungen, welche eine frisch ohne Zusatz untersuchte Muskelspindel durch Säuren etc. in den angegebenen oder ähnlichen Concentrationen erfährt, als Quellungs-Erscheinung gedeutet, welche die isotrope Substanz der hellen Querbänder darbieten sollte. Man glaubte, die Distanz der dunkeln Querbänder d. h. der Scheiben von anisotroper Substanz habe zugenommen, ihre Dicke im entsprechenden Verhältniss sich vermindert, während das Volumen der isotropen Substanz sowohl nach der Längs- als nach der Querrichtung der Muskelspindel durch Aufquellung sich vermehre. Eine einfache Ueberlegung zeigt jedoch, dass diese Deutung der beobachteten Veränderungen unhalt-

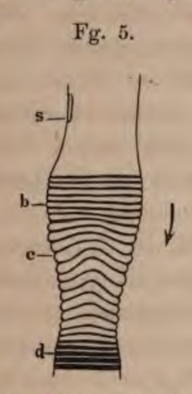
bar ist. Unter Voraussetzung, dass die cylindrische Gestalt der Muskelspindel unverändert bliebe, kann man die Dicke der dunkeln Querbänder berechnen, welche sie nach der letzterwähnten Deutung haben müssten, wenn wie in dem oben angeführten Beispiele die Breite der Muskelspindel durch Säure-Zusatz um etwa den fünften Theil (339 : 62) zugenommen hat. Sie müsste statt der ursprünglichen 0,0015 nach Essigsäure-Zusatz 0,0011 Mm. betragen. Wäre die cylindrische Gestalt der Muskelspindel nicht bewahrt, sondern in eine abgeplattete verwandelt, wobei die Muskelspindel ihre breite Seite dem Beobachter zukehrte, so müsste, wie man sofort einsieht, die Dicke der dunkeln Querbänder noch weniger abgenommen haben, weil die gesammte Massenzunahme in dem Querschnitt des Cylinders dann eine unbeträchtlichere wäre. In Wahrheit aber beträgt die Dicke der nach Säure-Zusatz zu beobachtenden dunkeln Querstreifen nicht 0,0011, sondern nur 0,0004 Mm. Selbst bei den ungünstigsten Annahmen, wie sie hier gemacht wurden, leuchtet also ein, dass diese 0,0004 Mm. breiten Querstreifen mit den dunkeln Querbändern nicht identisch sein können. In der That sind es die Querlinien, welche nach Essigsäure-Zusatz hervorgetreten sind, während die anisotrope von der isotropen Substanz sich optisch nicht mehr unterscheiden lässt. Beide sind vielmehr zu einer gleichmässig hellen Masse zusammengeflossen.

Behandelt man lebende Muskelspindeln von Säugern mit destillirtem Wasser, so zerfallen sie bekanntlich sehr leicht nach der Längsrichtung der Spindel. An den Enden von durchschnittenen Muskelspindeln können sogenannte Muskelfibrillen einzeln herausragen oder zu mehreren vereinigt sein. An solchen vom Sarcolem befreiten Theilen der Muskelspindel sind ebenfalls die Querlinien wie die dunkeln und hellen Querbänder zu unterscheiden. Ebenso zeigen sich dieselben an Theilen des Sarcolem-Inhalts nach Behandlung mit verdünnter Chromsäure (0,2 %) oder Alkohol. In Chromsäure-Präparaten sieht man die Querlinien ohne Weiteres an den Fibrillen; nach Anwendung von Alkohol meist erst auf Zusatz verdünnter Essigsäure. Aus diesen Thatsachen folgt, dass die Erscheinung der Querlinien nicht etwa in einer besonderen Beschaffenheit der entsprechenden Stellen des Sarcolems ihren Grund hat, sondern dass erstere wirklich durch die ganze Dicke der Muskelspindel in deren Querrichtung sich erstrecken.

Indessen kommt eine Art von Querstreifung der Muskelspindeln vor, welche ihren Sitz im Sarcolem hat und weder durch Querlinien noch durch Querbänder bedingt wird. Mit den in früherer Zeit viel besprochenen Zickzackbiegungen, die Prévost und Dumas für Ursache der Muskelverkürzung während der Contraction hielten, kann die Er-

scheinung nicht verwechselt werden. Die fragliche Querstreifung aber ist bei der Contraction lebender Muskelspindeln zu beobachten. Wenn in absterbenden Muskelspindeln die Contractionswelle in der Längsrichtung verläuft, so gehen die Aenderungen öfters so allmälig vor sich, dass man sie bequem unter dem Microscop beobachten kann. (Nro. 32.) Unter sehr starken Vergrösserungen zeigt dann das Sarcolem von Säugethiermuskeln Einkerbungen im Profil, Querrunzeln auf der Fläche. Die Einkerbungen sind stets in der Mitte der hellen Querbänder gelegen, nicht an den Stellen, wo die dunkeln Querbänder das Sarcolem berühren. Von diesen Punkten, also von den Ansatzstellen der Querlinien gehen die fraglichen Querstreifen aus. An derjenigen Parthie der Muskelspindel, wo die Contraction eben beginnt, werden öfters gebogene Querstreifen beobachtet (Fg. 5). Dies beruht darauf, dass die nahe der Axe der Muskelspindel gelegene Substanz früher sich contrahirt als die Rindensubstanz. Mit hinreichend starken, mindestens 600-fachen Vergrösserungen erkennt man, dass die gebogenen Querstreifen nicht den dunkeln Querbändern entsprechen, wie es bei schwächerer Vergrösserung den Anschein hat, sondern durch Querrunzeln bedingt werden, die von den Ansatzstellen der Querlinien an das Sarcolem ausgehen. Dies beweist ein festes Verwachsensein des Randes der betreffenden Membranen, als deren optischer Ausdruck die Querlinien erscheinen, mit dem Sarcolem. Dieselbe Thatsache wird, unabhängig von dem Gesagten, auch dadurch bewiesen, dass die Querlinien an Muskelspindeln, die mit verdünnten Säuren oder Alkalien behandelt worden sind, an ihren seitlichen Enden continuirlich mit dem Sarcolem zusammenhängen.

Fg. 5.



Muskelspindel in dem M. retractor bulbi des Schafes; im Stadium der ganz erlöschenden Erregbarkeit; frisch ohne Zusatz. Eine Contractionswelle verläuft in der Richtung des Pfeiles. Vergr. 450. *s* Sarcolemkern. *b* contrahirte Stelle; die Muskelspindel ist dicker als zuvor, die dunkeln Querbänder sind eng zusammengerückt. *c* beginnende Contraction, die Querstreifung wird durch Querrunzeln des Sarcolems bedingt, letzteres zeigt im Profil Einkerbungen. Die Scheiben der contractilen Substanz sind sämmtlich nach der contrahirten Stelle hin convex gebogen. *d* nicht contrahirte Stelle, an welcher die dunkeln Querbänder im Holzschnitt zu breit und dunkel ausgefallen sind.

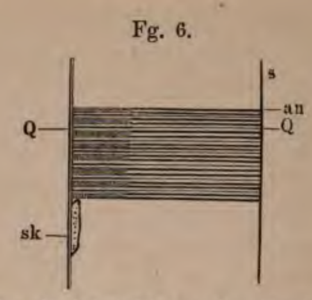
Die Querrunzeln können in Reagentien, in welche man Muskelfleisch eingelegt hat, sowie in microscopischen Präparaten nach Zusatz von solchen erhalten bleiben. Wenn man aber die Sache einmal kennt, so ist es wiederum sehr leicht zu entscheiden, ob irgend welche Querstreifung durch Querrunzeln des Sarcolems, oder durch Querlinien resp. Querbänder bedingt ist. Den Querrunzeln des Sarcolems entsprechen in der Profilansicht Einkerbungen des letzteren, die unter anderen Umständen niemals vorhanden sind. An vollständig contrahirten Stellen der Muskelspindeln ist das Sarcolem im Profil völlig glatt; die dunkeln Querbänder rücken näher

an einander. Während sich der Durchmesser der hellen Querbänder in der Längsrichtung der Muskelspindel vermindert hat, bleibt der betreffende Durchmesser der dunkeln Querbänder, also die Dicke der Scheiben von anisotroper Substanz unverändert (S. unten Physiologisches).

Seit längerer Zeit hat man sich vielfach mit dem verschiedenen Aussehen der Querstreifen beschäftigt. Bald eng, zart und dicht, bald weit von einander abstehend und breit, bald sehr deutlich, bald kaum zu erkennen, an derselben Muskelspindel in rascher Aufeinanderfolge wechselnd — so wird diese characteristische Zeichnung von den Beobachtern geschildert und abgebildet. Während aber in diesen bisherigen Beschreibungen Querlinien, dunkle Querbänder und Querrunzeln des Sarcolems mit einander confundirt wurden, sind jetzt die mannigfachen Erscheinungsweisen der Querstreifung leicht begreiflich.

Die niederen Wirbelthiere bieten ganz eben solche Querlinien auf der Längsansicht ihrer Muskelspindeln dar, wie die höheren. Dieselben sind aber an vielen Muskelspindeln nicht so leicht sichtbar. Dies hat einfach darin seinen Grund, dass die Muskelspindeln viel dicker sind. Sobald nun eine solche mit ihrer Längsaxe nicht genau senkrecht auf die optische Axe des Microscops orientirt ist, so decken die oberen oder unteren Ränder der Scheiben von anisotroper Substanz die zarten Querlinien und letztere sind desshalb schwieriger wahrzunehmen. Benutzt man jedoch die dünneren Muskelspindeln, welche z. B. in den Augenmuskeln des Frosches häufig sind, und wie es scheint, in keinem anderen Muskel dieses Thieres ganz fehlen, so ist es nicht schwieriger als bei den Säugern an der ganz frischen Muskelspindel die Querlinien zu sehen. Dagegen ist die Beobachtung der Einwirkung von 3 %iger Essigsäure (gewöhnlichem Koch-Essig) auf die Froschmuskelfaser unter dem Microscop wo möglich noch characteristischer, als bei den Säugern und Vögeln. Denn die dunkeln Querbänder sind relativ dunkler, wegen der grösseren Dicke der ganzen Muskelspindel. Sobald sie nun durch die Säure erblassen, so wird das allmälige Hervortreten der Querlinien um so auffälliger. Dazu kommt, dass man an derselben Muskelspindel der Quere nach an der einen Seite Querbänder, an der anderen, an welcher die Einwirkung der Essigsäure eben beginnt, die Querlinien sehen kann, welches Stadium wegen der geringeren Dicke der Säugethier-Muskelspindeln bei den letzteren nicht so leicht zu beobachten ist. Dabei muss die Essigsäure von der einen Längsseite her dem immer nach der Längsrichtung des ganzen Muskels geschnittenen und anfänglich ohne Zusatz untersuchten Fleischstückchen zufliessen. Natürlicherweise treffen die unter diesen Umständen eben deutlicher werdenden Querlinien stets zwischen die eben verschwindenden oder erblassenden dunkeln Querbänder

Fg. 6.



Theil einer Muskelspindel aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Rechterhand ist die Muskelspindel unverändert, von links her beginnt die Einwirkung 3%iger Essigsäure. Vergr. 600. *s* Sarcolem. *sk* Sarcolemkern. *Q* Querlinie rechts sehr zart, links durch die Essigsäure dunkel hervortretend. *an* dunkles Querband links sehr blass geworden, rechts mit dunkeln Contouren und einer hellen Mittellinie zwischen denselben.

(Fg. 6). Auch die zahlreicheren Kerne der Muskelspindeln niederer Wirbelthiere erleichtern das Fixiren der Querbänder vor dem Zusatz des Reagens. Das vom Frosch Bemerkte gilt ebenso wohl für die Muskeln der Reptilien (Lacerta agilis) und Fische. Von letzteren wurden Leuciscus dobula, Esox lucius, Torpedo Galvanii und Petromyzon fluviatilis untersucht.

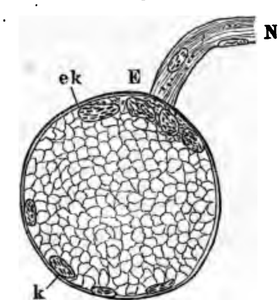
Die grössere Dicke der Muskelspindeln bei den niederen Wirbelthieren bedingt es, dass die Einwirkung der verdünnten Säuren auf die anisotrope Substanz längere Zeit gebraucht, um dieselbe zum Verschwinden zu bringen, als bei den höheren. Man findet daher, was besonders hervorgehoben werden muss, Anfangs immer manche Muskelspindeln, namentlich im Inneren der microscopischen Präparate, welche statt Querlinien noch dunkle Querbänder zeigen. Hat die Essigsäure aber wirklich genügend eingewirkt, so ist die Differenz in der Dicke der Querlinien von derjenigen, die man erwarten müsste, wenn die dunkeln nach Essigsäure-Zusatz wahrnehmbaren Querstreifen die durch Quellung der ganzen Muskelspindel verschmälerten dunkeln Querbänder wären, ebenso schlagend wie bei den höheren Wirbelthieren (S. oben S. 12.).

Untersuchung der Muskelspindeln auf dem Querschnitt.

Zur weiteren Erforschung des Bau's der quergestreiften Muskelspindel ist die Betrachtung von Querschnitten derselben unerlässlich. Man benutzt vor Allem Querschnitte lebender Muskelsubstanz, die mit einer scharfen Scheere angefertigt und ohne Zusatz untersucht werden. Man kann auch durch Kältemischungen die Muskelsubstanz zum Erstarren bringen, welche Methode von Barry (Nro. 90. 1842.) zuerst benutzt worden ist, und mit einem erkalteten Rasirmesser feine Querschnitte anfertigen. Ohne Zusatz untersucht zeigen sich bei beiden Methoden im Inneren der vom Sarcolem-Durchschnitt gebildeten Contour feine dunkle, bei Verschiebung des Focus stärker glänzende Linien. Dieselben bilden ein aus polygonalen Maschen bestehendes Netzwerk (Fg. 7). Die Linien sowie das ganze Bild bleiben in verdünnter Essig-

säure unverändert. Dasselbe Netzwerk erhält man auch an Querschnitten von getrockneten und mit verdünnter Essigsäure wieder aufgeweichten Muskelspindeln.

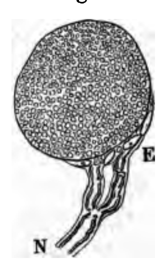
Fg. 7.



Querschnitt eines frischen Muskelcylinders aus den im Oberschenkel selbst gelegenen Muskeln von Hydrophilus piceus. Man sieht ein aus dunkeln Linien bestehendes Netzwerk, ausserdem eine motorische Endplatte im Querschnitt. Die Wirbelthiermuskeln geben ganz dieselben nur zartere Bilder. Vergr. 800. *N* Nervenfaser. *E* Endplatte.

Setzt man zu dem ohne Zusatz untersuchten Muskelquerschnitt destillirtes Wasser oder Brunnenwasser oder 0,5 $^0/_0$ige Kochsalzlösung, die nicht anders wirkt wie Wasser, so ändert sich das Bild. Die von den dunkeln Linien umschlossenen polygonalen Felder werden undurchsichtiger, und bekommen ein mattes Aussehen, während ihr Durchmesser sich scheinbar ein wenig vermindert hat. An Stelle der feinen dunkeln Linien dagegen sind ebenfalls netzförmig angeordnete aber breitere und hellere (Fg. 8) resp. ganz durchsichtig gewordene Zwischenräume aufgetreten. Auf der Längsansicht derselben Muskelspindeln ist unter diesen Umständen bekanntlich eine feine Längsstreifung wahrzunehmen. Durch Carminlösung oder salpetersaures Silberoxyd in verdünnter wässriger Lösung werden die matteren Felder röthlich resp. bräunlich gefärbt. Es folgt daraus mit Rücksicht auf die Längsansichten derselben Muskelspindeln, dass die matteren Felder aus Abtheilungen der anisotropen Substanz bestehen. Die breiter gewordenen durchsichtigen Zwischenräume verdanken dem eingedrungenen Wasser oder sonstigen Zusatzflüssigkeiten etc. ihre Entstehung, wodurch dieselben ausgefüllt werden, während sich die anisotrope Substanz trübt. Das ganze Bild ist somit ein Kunstproduct.

Fg. 8.



Querschnitt einer Muskelspindel aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Wasser. Vergr. 1000. Man sieht dunkle polygonale Felder, die von hellen netzförmigen Zwischenräumen eingefasst werden. *E* Motorische Endplatte im Querschnitt. *N* Nervenfaser.

Das Mosaik von dunkeln Linien, welches in ohne Zusatz untersuchten Querschnitten auftritt, entspricht dagegen dem natürlichen Zustand der quergestreiften Muskelspindeln. Die beschriebenen in ihrer Bedeutung ganz verschiedenen Mosaikbilder von dunkeln Linien einerseits und hellen netzförmigen Zwischenräumen andererseits müssen scharf auseinander gehalten werden. Die dunkeln Linien sind als Ausdruck sehr feiner structurloser Membranen zu betrachten, welche sich chemisch eben so verhalten wie diejenigen, deren optischen Ausdruck die Querlinien der Muskelspindeln bilden. Durch Wasserzusatz weichen diese Membranen

auseinander und legen sich unmittelbar an die von ihnen umschlossenen Theilchen der anisotropen Substanz.

Die beschriebenen Verhältnisse kehren bei allen Wirbelthieren wieder. Nichts ändert sich als die absolute Grösse der meist unregelmässig 4—5—6seitigen Felder. Bei Amphibien und Fischen sind dieselben am grössten, bei den Säugethieren am kleinsten. Bei niederen Wirbelthieren kommen Muskelkerne in den Zwischenräumen vor, und die sich in dem betreffenden Kern vereinigenden Linien bilden manchmal eine sternförmige Figur. Solche Figuren sind früher irrthümlich von einigen Beobachtern (Nro. 33) als sternförmige Zellen, analog den vermeintlichen Bindegewebskörperchen des Sehnenquerschnittes angesprochen worden. In allen Wirbelthierclassen findet man bei schlecht ernährten Muskelspindeln mehr oder weniger zahlreiche dunkelrandige Fettkörnchen in den Zwischenräumen. Sind dieselben sehr zahlreich, so können die polygonalen Felder ganz in den Hintergrund treten oder übersehen werden.

Ueber die Fettkörnchen (S. 11. Fg. 4) mag gleich hier bemerkt werden, dass sie gegen Säuren und Alkalien resistent sind. Wegen ihres Auftretens in fettig degenerirten Muskeln kann man dieselben mit Sicherheit als Fettkörnchen ansprechen. Denn man findet, dass sie unter diesen Umständen an Zahl und Grösse zunehmen, wo dann bei den grössten über ihre chemische Qualität kein Zweifel mehr herrschen kann. Auf der Längsansicht liegen die Fettkörnchen, wenn ihre Zahl nicht bedeutend ist, meistens in den Querlinien. Mitunter sind sie in regelmässigen Reihen angeordnet, so dass jede der auf einander folgenden Querlinien in derselben Entfernung vom Sarcolem ein Fetttröpfchen enthält.

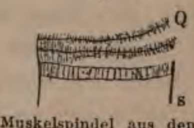
Chemische Einwirkungen.

Was das chemische Verhalten der auf der Längsansicht der Muskelspindeln sichtbaren Querlinien im Gegensatz zu den dunkeln Querbändern anbetrifft, so sind darüber noch einige Bemerkungen hinzuzufügen. Bekanntlich zerfällt der Sarcolem-Inhalt sowohl durch Einwirkung verdünnter Säuren, als concentrirter Salpetersäure leicht in Scheiben. Die durch so verschiedene Einflüsse entstehenden Scheiben sind aber keineswegs identisch — was ja in der That nicht anders zu erwarten war — und die Sache verhält sich ganz analog den verschiedenen Arten von Querstreifung, wie sie an der frisch ohne Zusatz untersuchten Muskelspindel einerseits und an der mit verdünnten Säuren oder Alkalien behandelten

andererseits zum Vorschein kommt. Wie schon gesagt, treten an der ersteren hauptsächlich die dunkeln Querbänder auf; an der letzteren ausschliesslich die Querlinien. Die Dicke der letztgenannten erscheint zu gross, wenn die Muskelspindel nicht genau horizontal liegt.

Behandelt man nun Muskelsubstanz einige Wochen lang mit $3^0/_0$iger Essigsäure, so treten an den durchschnittenen Enden der Muskelspindeln und ferner an zufälligen Rissstellen des Sarcolems Scheiben hervor. Dieselben entsprechen ausschliesslich den Querlinien, während die anisotrope und isotrope Substanz (wie bei der Verdauung) beide gelöst sind. An den Querlinien haften nur noch Reste der Membranen, welche auf dem Querschnitt der frisch ohne Zusatz oder mit verdünnter Essigsäure untersuchten Muskelspindel als dunkle Linien erscheinen. Beim Zerfall der Muskelspindel in Scheiben, welche durch Maceration in verdünnten Säuren entstehen, werden die fraglichen, parallel der Längsrichtung der Muskelspindel verlaufenden Membranen in der Mitte zwischen je zwei Querlinien eingerissen. Auf diese Art fällt die Dicke der Scheiben beträchtlicher aus, als der Dickendurchmesser der Querlinien an und für sich. Zur Erkennung der geschilderten Zusammensetzung auf solche Art entstandener Scheiben (Fg. 9) sind natürlich stärkere Vergrösserungen unentbehrlich. Mit Hülfe von Immersionslinsen sieht man, dass die Querlinien continuirlich mit feineren der Längsaxe der Muskelspindel parallel gestellten dunkeln Linien zusammenhängen. Hieraus folgt ein Verwachsensein der Membranen, als deren optischer Ausdruck auf dem Querschnitt die dunkeln netzförmigen Linien erscheinen, mit denjenigen, deren Ausdruck die Querlinien der Längsansicht bilden. Auch in der Längsansicht frischer Muskelspindeln findet man mit stärkeren Vergrösserungen die Querlinien gewöhnlich etwas rauh aussehend. Soweit dabei nicht die oben erwähnten Fetttröpfchen in Betracht kommen, hat dieses Aussehen seinen Grund in dem Vorhandensein der betreffenden, sich an die Querlinien inserirenden Membranen, die auch in der frischen Muskelspindel häufig eine feine Längsstreifung derselben bedingen können.

Fg. 9.



Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 14tägiger Maceration in $3^0/_0$iger Essigsäure. Zerfall in Scheiben, die aus den Membranen bestehen, deren optischen Ausdruck die Querlinien bilden. An derselben haften feinere dunkle in der Längsrichtung der Muskelspindel verlaufende Membranen. Vergr. 600. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie.

Die durch Einlegen in concentrirte Salpetersäure entstehenden Scheiben haben dagegen eine ganz andere Bedeutung. Sie bestehen aus der anisotropen Substanz, welche durch die genannte Säure erhärtet und gelb gefärbt wird. Das Sarcolem und die chemisch demselben nahestehenden Membranen, welche ihren optischen Ausdruck in den Querlinien finden, werden durch concentrirte Salpetersäure gelöst.

Durch concentrirtere Essigsäure, Chlorwasserstoffsäure etc., ferner

durch concentrirtere Alkalien wird bekanntlich die Querstreifung der Muskelspindeln unwiederbringlich zerstört. Der Sarcolem-Inhalt fliesst an den durchschnittenen Enden der letzteren oder an zufälligen Rissstellen des Sarcolems heraus. Dies hat darin seinen Grund, dass sowohl die als Querlinien erscheinenden Membranen, als diejenigen, welche auf dem Querschnitt dunkle Mosaiklinien bilden, durch die genannten Reagentien zerstört werden. Die anisotrope Substanz wird gelöst und fliesst mit der isotropen aus dem Sarcolemschlauch unter diesen Umständen heraus.

Einem physicalischen Verhältniss ist es dagegen zuzuschreiben, dass die sehr verdünnte Chlorwasserstoffsäure (1 : 1000) die Querstreifung an den Muskelspindeln von Amphibien und Fischen zum Verschwinden bringt. Da die etwas concentrirtere Chlorwasserstoffsäure so wenig wie die 3 bis 10 %ige Essigsäure diese Wirkung hat, so kann an eine chemische Auflösung der als Querlinien erscheinenden Membranen nicht gedacht werden. Vielmehr handelt es sich um eine durch Endosmose bedingte Quellung der anisotropen Substanz, welche sich schon mit blossem Auge durch eine bedeutende Volumen-Zunahme der in Chlorwasserstoffsäure (1 : 1000) eingelegten Muskelstücke kundgibt. Wie die microscopische Untersuchung lehrt, ist diese Quellung mit einer entsprechenden sehr beträchtlichen Vergrösserung des Querdurchmessers der Muskelspindeln verbunden. Die Quellung der anisotropen Substanz bringt die Membranen zum Zerreissen, die Querlinien zum Verschwinden. Desshalb fliesst der Sarcolem-Inhalt aus, leicht kennbare Fetzen der betreffenden Membranen mit sich führend.

Ebenfalls einer mechanischen Zerstörung der hier besprochenen Membranen verdankt ein Theil der bisher unter dem Namen von wachsartiger Degeneration der Muskelspindeln beschriebenen Veränderungen (Nro. 34) ihre Entstehung. Einzelne kürzere oder längere Strecken von Muskelspindeln oder auch letztere in ihrer ganzen Ausdehnung verlieren ihre Querstreifung, werden homogen oder ein wenig körnig, wie durchscheinendes Wachs mit freiem Auge gesehen, wovon der Vergleich abgeleitet ist. Man hat unter dieser Bezeichnung einen in jeder Muskelspindel künstlich zu erzeugenden Zustand beschrieben. Erstens ist es nämlich seit langer Zeit bekannt, und von mir (Nro. 91) besonders betont worden, dass durchschnittene Enden lebender Muskelspindeln, ferner durch Zerrung beim Präpariren des Muskels, oder Anfertigen des microscopischen Präparats gequetschte Stellen der Spindeln, falls die Todtenstarre vor der mechanischen Verletzung noch nicht eingetreten war, ihre Querstreifung einbüssen. Dies gilt für alle Wirbelthiere. Da man an den betreffenden Stellen durch kein Mittel, namentlich auch nicht durch verdünnte Essigsäure oder Natronlauge eine Querstreifung wiederherzustellen

vermag, mithin die Querlinien für immer verschwunden sind, so folgt, dass die durch letztere repräsentirten Membranen zerstört sein müssen. Die so veränderten Stellen der Muskelspindeln bieten die übrigen im Vorhergehenden als charakteristisch erwähnten Veränderungen dar. Ebenso veranlasst, wie mehrfach constatirt worden ist, die frische Trichinen-Einwanderung sofort die sog. wachsartige Degeneration resp. Zerstörung der Membranen im Inneren der betreffenden Muskelspindeln.

Von dieser durch Zerstörung der Membranen im Inneren der Muskelspindel, gleichzeitig eintretende Gerinnung der isotropen Substanz und Verschmelzung derselben mit der anisotropen zu einer homogenen Masse entstehenden Veränderung ist eine andere unter bestimmten Umständen vorkommende streng zu unterscheiden.

Eine ganz ähnliche optische Beschaffenheit zeigen zweitens auch Muskelspindeln, die im lebenden Zustande mit Eiweisslösung, verdünnter Chlornatrium-Lösung etc. längere Zeit ($^1/_2$—1 Stunde) unter dem Microscop behandelt werden. Nach Zusatz von verdünnten Säuren oder Alkalien treten aber an denselben Muskelspindeln die Querlinien hervor. Es folgt hieraus, dass dieser Art von „wachsartiger Degeneration" eine von der vorher erwähnten analogen Veränderung ganz verschiedene Bedeutung zukommt. Die Einwirkung der Eiweisslösung hat vermuthlich eine rein optische Wirkung: der mit derselben allmälig durchtränkte Sarcolem-Inhalt zeigt keine dunkeln Querbänder oder keine Querlinien mehr, weil der (verhältnissmässig hohe) Brechungsindex der angewendeten Zusatzflüssigkeit denjenigen der Substanzen, aus denen die dunkeln Querbänder oder die Querlinien bestehen, hinlänglich nahe steht. Es versteht sich von selbst, dass bei den erwähnten ganz indifferenten Flüssigkeiten an eine auflösende chemische Einwirkung um so weniger gedacht werden kann, weil die durch die Querlinien repräsentirten Membranen, wie gesagt, erhalten und durch Reagentien nachweisbar bleiben. Uebrigens kommen an verletzten Muskelspindeln auch Fälle vor, in denen die zwischen zwei Querlinien gelegene anisotrope und isotrope Substanz homogen und wachsglänzend geworden, also wahrscheinlich geronnen sind, während sich die Querlinien erhalten haben. Dieses Verhältniss ist aber stets nur auf ganz kurzen Strecken realisirt und schon dadurch wird für den Beobachter die richtige Deutung hinreichend nahe gelegt.

Drittens muss man von den bisher erörterten Veränderungen, die an jeder Muskelspindel künstlich hervorgerufen werden können, die eigentliche wachsartige Degeneration unterscheiden, welche nur in Krankheiten, namentlich im Typhus vorkommt. Diese echte wachsartige Degeneration, wozu nach dem Gesagten z. B. die durch Trichinen-Einwanderung veranlassten Veränderungen keineswegs gehören, beruht

auf einer chemischen ohne Zweifel durch Ernährungsstörungen veranlassten Veränderung der anisotropen Substanz. Dieselbe wird stärker lichtbrechend, glänzend, verschmilzt mit der isotropen Substanz zu einer homogenen Masse. Dem entsprechend charakterisirt sich der Beginn der Entartung, wie derselbe z. B. am Ende der zweiten Woche des Abdominaltyphus zu beobachten ist, durch das Auftreten von glänzenden Scheiben, die so dick sind, als die Distanz von je zwei Querlinien. Diese aus anisotroper und isotroper Substanz bestehenden soliden Scheiben erscheinen in der Längsansicht der Muskelspindeln als sehr breite glänzende Querbänder, die durch eine schmale dunkle Querlinie getrennt werden, wegen ihrer Festigkeit und Sprödigkeit aber durch die Contractionen des ganzen Muskels während des Lebens leicht in Unordnung gerathen. Wenn Letzteres eintritt, werden natürlich die Querlinien verschwinden, d. h. die Membranen, deren optischen Ausdruck sie darstellen, müssen zerrissen sein, und dann ist die Querstreifung der degenerirten Muskelspindel auf keine Art mehr herzustellen. Es versteht sich von selbst, dass alle Fehlerquellen sorgfältig ausgeschlossen sein müssen, wenn man z. B. in einem bestimmten Falle von Typhus die Existenz der wachsartigen Degeneration während des Lebens beweisen will. Dazu gehört: Untersuchung unmittelbar nach eingetretenem Tode, was öfters gar keine Schwierigkeiten macht (Nro. 35). Ferner Vermeidung von etwaiger Quetschung der zu untersuchenden Muskelparthieen beim Transport der Leiche in die Sectionsräume, während des Präparirens der Muskeln bei der Section, und während der Anfertigung des microscopischen Präparates. Natürlicherweise vermeidet man jede Zusatzflüssigkeit. Nur mit Berücksichtigung aller dieser Cautelen kann ein sicherer Nachweis von Präexistenz der wachsartigen Degeneration während des Lebens als geführt angesehen werden.

Nach dem Gesagten sind also unter wachsartiger Degeneration mindestens dreierlei in ihrem Wesen ganz verschiedene Dinge zusammengeworfen. Nämlich:

1. Verletzte und todtenstarre Stellen an Muskelspindeln microscopischer Präparate. Die Querlinien können durch Essigsäure nicht mehr hergestellt werden.

2. Eine durch Zusatz von Eiweisslösung etc. bedingte optische Erscheinung. Die Querlinien bleiben erhalten.

3. Die eigentliche pathologische wachsartige Degeneration, durch Ernährungsstörungen veranlasst. Die Querlinien verschwinden wahrscheinlich durch Zerreissung der im Inneren der Muskelspindel vorhandenen Membranen, welche in Folge der härteren und unnachgiebigen Beschaffenheit der anisotropen Substanz bei Muskelcontractionen während

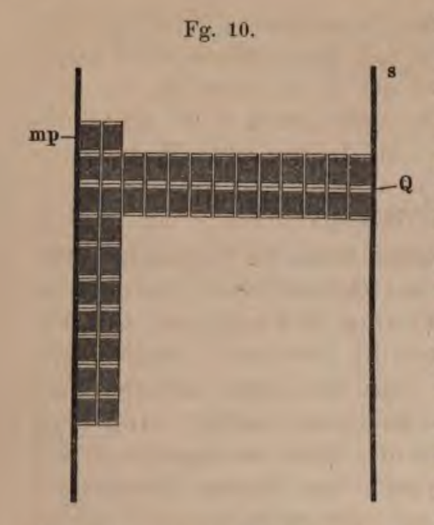
des Lebens eintritt. Die letztgenannte verschmilzt mit der geronnenen isotropen Substanz zu einer homogenen festen Masse.

Bau der Muskelspindeln.

Die mitgetheilten und sonstige genügend bekannte Thatsachen erklären sich vollständig durch die Annahme folgenden Bau's der quergestreiften Muskelspindeln. Jede derselben besteht abgesehen vom Sarcolem aus einer sehr grossen Anzahl von Muskelkästchen. Jedes Muskelkästchen enthält ein Muskelprisma, aus der anisotropen Substanz bestehend, welches das Muskelkästchen fast ganz ausfüllt. Die Form der Muskelprismen (sarcous elements) ist die einer mehrkantigen, oben und unten quer abgeschnittenen Säule, deren Querdurchmesser wechselt, während die Höhe der Muskelprismen wie der Muskelkästchen in der ganzen Wirbelthierreihe beinahe constant ist; die dünnsten Muskelprismen finden sich bei den Säugern. Beide Grundflächen des Muskelprisma's werden von einer dünnen Flüssigkeitsschicht überzogen, als deren Ausdruck in der Längsansicht der Muskelfaser für jede Querschicht von Muskelprismen jedesmal die Hälfte eines hellen Querbandes erscheint. Die Flüssigkeit soll zum Unterschiede von der später zu erwähnenden interstitiellen Flüssigkeit als Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz bezeichnet werden. Umschlossen wird das Muskelsprisma an seinen Seitenflächen von der dichtanliegenden Seitenmembran des Muskelkästchens. Diese Membranen erscheinen auf dem Querschnitt der lebenden Muskelspindel als das oben beschriebene Netzwerk von hellen Linien. Die Seitenmembranen der Muskelkästchen endigen in der Längsrichtung der Muskelspindel, indem sie mit den anstossenden beiden Grundmembranen von Muskelkästchen verschmelzen. Während aber jedem Muskelkästchen eine eigene dessen Seiten rings umschliessende Seitenmembrau zukommt, ist die Grundmembran, welche der Basis des Muskelprisma's entsprechend eine polygonale Form besitzt, stets je zwei benachbarten Muskelkästchen gemeinsam. Man kann das auch so ausdrücken, dass man sagt: das Muskelkästchen hat nur Eine Grundmembran; an der entgegengesetzten Seite ist es offen, und wird von der Grundmembran des nächstfolgenden Muskelkästchens verschlossen. Hiernach besteht also jedes Muskelkästchen aus einer Grundmembran, einer Seitenmembran, zwei dünnen Schichten der Muskelkästchenflüssigkeit und dem zwischen beiden letzteren gelegenen Muskelprisma.

Weder Fibrillen noch sarcous elements, sondern vielmehr die

Fg. 10.



Schema der quergestreiften Muskelfaser, sehr stark vergrössert. Nur zwei Muskelfächer und zwei Muskelkästchenreihen sind dargestellt. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie oder Grundmembran eines Muskelfaches. *mp* Muskelprisma, deren jedes in seinem Muskelkästchen steckt. Die Muskelprismen oder die anisotrope Substanz sind dunkel gehalten, die Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz dagegen hell. Die interstitielle Flüssigkeit findet sich zwischen den Seitenmembranen der Muskelkästchen und ist ebenfalls durch helle Spalten angedeutet. Die relativ sehr bedeutende Erstreckung der anisotropen Substanz in der Längsrichtung der Muskelfaser entspricht dem Verhalten bei Wirbellosen; bei den Wirbelthieren ist sie geringer.

Muskelkästchen sind die primitiven Elementartheile, aus denen die ganze Muskelspindel in gleich zu erörternder Weise aufgebaut wird (Fg. 10). Das Princip von Aneinanderreihung dieser einfachen Elemente der Quere und Länge nach genügt, um die mannigfaltig complicirten Erscheinungsweisen der Muskelspindeln mit Leichtigkeit aufzuklären. Die Muskelkästchen sind nämlich in der Querrichtung der Muskelspindel zu regelmässigen Scheiben angeordnet, welche Muskelfächer heissen mögen. Jedes Muskelfach besteht aus einer Grundmembran, die im Profil als Querlinie erscheint. Dann folgt in der Längsansicht der Muskelspindel die eine Hälfte eines hellen Querbandes, dann ein dunkles Querband, dann die Hälfte des nächstfolgenden hellen Querbandes, dann wieder eine Querlinie oder Grundmembran, mit der ein neues Muskelfach beginnt u. s. f. Die Peripherie jedes Muskelfaches wird natürlich von einer entsprechend breiten Abtheilung des Sarcolems gebildet.

Wie oben bemerkt, ist die Seitenmembran eines jeden Muskelkästchens vollkommen in sich abgeschlossen. Dem entsprechend besteht auch die Grundmembran eines jeden Muskelfaches aus einer grossen Anzahl von polygonalen Grundmembranen der Muskelkästchen einer Querreihe, die nach Art eines Mosaikfussbodens sich an einander schliessen. Da die trennenden Grundmembranen der Muskelfächer nur einfach vorhanden sind, so ist der Ausdruck „Muskelfach“ bezeichnend, analog den Fächern eines Bücherschrankes.

Am besten kann man vielleicht die Muskelfächer den Waben eines Bienenstockes vergleichen, die Wachszellen den Muskelkästchen, wenn die Längsaxe der Wachszellen als parallel der Längsrichtung der Muskelspindel gedacht wird, die anisotrope Substanz dem Honig, den man sich aber in festem Zustande und nach den Grundflächen der prismatischen Wachszelle hin mit einer Flüssigkeitsschicht überzogen vorstellen müsste.

Zwischen den Ecken der Grundmembranen der Muskelkästchen, sowie

zwischen den Seitenmembranen von je zwei benachbarten Muskelkästchen finden sich interstitielle Flüssigkeit und Fetttröpfchen, wenn solche vorhanden sind. Die letzteren zeigen sich auf der Längsansicht, wie oben (S. 18) schon bemerkt wurde, verhältnissmässig häufig in die Querlinien selbst eingelagert. Die Kerne, welche im Inneren der Muskelfasern bei niederen Wirbelthieren vorkommen, werden von den elastisch ausgespannten Membranen getragen. Die in der Querrichtung der Muskelspindel an einanderstossenden Grundmembranen der Muskelkästchen sind jedenfalls mit einander verklebt, ungefähr nach Art eines Kittes, der einen Mosaikfussboden zusammenhält (was in Fg. 10 nicht wiedergegeben werden konnte). Denn die bei der Contraction entstehenden Einkerbungen des Sarcolems (S. 14) in der Profilansicht beweisen, dass durch die zusammenhängenden Grundmembranen jeder aus Muskelkästchen bestehenden Scheibe ein Zug an dem Sarcolem ausgeübt werden kann. Die sämmtlichen Grundmembranen einer solchen Scheibe von Muskelkästchen können desshalb, da sie mechanisch wie eine einzige Membran wirksam werden, als Grundmembran des betreffenden Muskelfaches bezeichnet werden. Durch eindringendes Wasser, aber auch spontan durch Vermehrung der interstitiellen Flüssigkeit kann der Zusammenhalt gelöst werden und dann entstehen, wie unten noch erörtert wird, Längsreihen von Muskelkästchen oder sog. Fibrillen. Es ist dabei wohl nicht an eine Löslichkeit des Kittes in Wasser als solchem zu denken, sondern nur an ein endosmotisches Aufquellen desselben zu einer dünneren Gallerte.

Die hier gegebene Erklärung der Erscheinungen, welche an den Muskelspindeln unter verschiedenen Umständen beobachtet werden, schliesst sich den oben mitgetheilten Thatsachen zum Theil so direct an, dass eine weitere Ausführung unnöthig erscheint. Nur einzelne Punkte bedürfen einer besonderen Besprechung.

Die schwierigste Frage ist die nach dem Aggregatzustande der das Muskelkästchen bildenden Substanzen. Dass die anisotrope Substanz sich in festem Zustande befinden muss, ist durch die Grundlehren der Polarisation hinreichend erwiesen. Es fragt sich ferner, einerseits ob die isotrope Substanz im flüssigen Zustande sich befindet, und andererseits ob die Membranen der Muskelkästchen wirklich als solche angesprochen werden dürfen.

Was den letzteren Punkt anlangt, so ist in Betreff der Grundmembranen der Muskelfächer zu bemerken, dass die denselben entsprechenden Querlinien continuirlich mit dem Sarcolem zusammenhängen, was man am besten an Muskelspindeln sieht, die mit verdünnten Säuren oder Alkalien behandelt wurden. Ferner kann man an Macerations-Präparaten

in 3%iger Essigsäure die fraglichen Grundmembranen isoliren. Sie erscheinen als Scheiben (Fg. 11), die jede aus einer Querlinie und vielen sich an dieselbe ansetzenden Seitenmembranen der Muskelkästchen besteht. Endlich darf auf die Analogie mit den Wirbellosen verwiesen werden, bei denen der feste Aggregatzustand der durch die Querlinien repräsentirten Membranen über jeden Zweifel erhaben ist (S. Wirbellose, Literatur.)

Fg. 11.



Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 14tägiger Maceration in 3%iger Essigsäure. Zerfall in Scheiben, von denen jede aus der Grundmembran eines Muskelfaches und den sich daran ansetzenden Seitenmembranen der angrenzenden Muskelkästchen besteht. Vergr. 600. *s* Sarcolem. *Q* Grundmembran eines Muskelfaches.

Sind aber anisotrope Substanz und Grundmembranen in festem Aggregatzustande befindlich, so muss die isotrope Substanz flüssig sein. Wollte man dies nicht zugeben, so müsste man vom physicalischen Gesichtspunkt auf jede Erklärung der Möglichkeit von Form-Aenderungen der Muskelspindeln aus inneren Gründen d. h. bei der Contraction verzichten. Beiläufig bemerkt findet ein fester Aggregatzustand der geronnenen isotropen Substanz in gekochten Muskelstücken statt. Solche sind bekanntlich auffallend starr, und ihre Form, falls nicht sehr grosse äussere Kräfte einwirken, so gut wie unveränderlich, während die Querlinien schwer erkennbar geworden sind. Der flüssige Aggregatzustand der isotropen Substanz darf hiernach als bewiesen erachtet werden.

Was nun die Seitenmembranen der Muskelkästchen anlangt, so bedingen sie auf der Längsansicht eine zarte Längsstreifung (Fg. 12) der Muskelspindeln, auf dem Querschnitt das beschriebene Mosaik (Fg. 13) von dunkeln Linien. An Macerationspräparaten in 3%iger Essigsäure hängen sie continuirlich mit den Grundmembranen der Muskelfächer, deren membranöse Beschaffenheit so eben nachgewiesen wurde, zusammen. Ferner kann die Existenz der Seitenmembranen der Muskelkästchen als Membranen aus folgendem Schluss abgeleitet werden. Es würde unerklärlich bleiben, wesshalb die flüssige isotrope Substanz mit der ebenfalls wässrigen interstitiellen Flüssigkeit sich nicht mischt, wenn man das Vorhandensein von trennenden Scheidewänden nicht zugestehen resp. beide Flüssigkeiten für identisch ansehen wollte. Dass aber eine solche Vermischung von zwei Lösungen eiweissartiger Körper, wie sie die isotrope Substanz und die interstitielle Flüssigkeit doch offenbar dar-

Fg. 12.

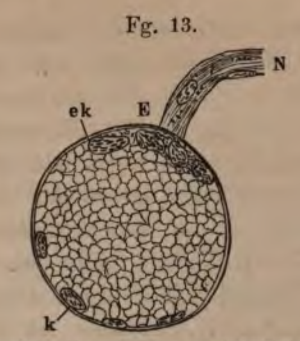


Muskelspindel aus dem M. extensor pollicis eines frisch amputirten Fusses nach Einwirkung von 3%iger Essigsäure. Die dunkeln Querbänder sind verschwunden, die Grundmembranen der Muskelfächer und die Seitenmembranen der Muskelkästchen allein übrig geblieben. Letztere Membranen bedingen eine zarte Längsstreifung. Einige sichtbare Fettkörnchen gehören der interstitiellen Flüssigkeit an. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie.

stellen, auch unter sonst günstigen Umständen nicht stattfindet, zeigt das Verhalten bei Wasserzusatz.

Auf dem Querschnitt der frischen Muskelspindel verschwindet nach Einwirkung des Wassers, wie oben (S. 16) gezeigt wurde, das Netzwerk von dunkeln Linien. Statt desselben tritt ein Netzwerk von hellen Linien auf (Fg. 14). Das Bild erklärt sich so, dass die Substanz der Muskelprismen durch Wasserzusatz undurchsichtiger wird. In die Zwischenräume der Muskelkästchen dringt das Wasser ein, die interstitielle Flüssigkeit verdünnend, während die Seitenmembranen der Muskelkästchen eng an ihre zugehörigen Muskelprismen angelagert bleiben. Durch nachfolgenden Zusatz von verdünnter Essigsäure treten die Grundmembranen der Muskelkästchen als dunkle Linien (Fg. 13) wiederum hervor, während die anisotrope Substanz durch die Säure aufgehellt wird. So erklärt es sich, dass die frische Muskelspindel ohne Zusatz und mit verdünnter Essigsäure behandelt auf dem Querschnitt genau dasselbe Bild liefert.

Fg. 13.



Querschnitt eines frischen Muskelcylinders aus den Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus. Man sieht die Seitenmembranen der Muskelkästchen auf dem Querschnitt, indem sie ein aus dunkeln Linien bestehendes Netz bilden. Mit Essigsäure behandelte oder Wirbelthiermuskeln geben ganz dasselbe Bild, welches nur zarter ist. Vergr. 800. *E* Motorische Endplatte im Querschnitt. *N* Nervenfaser.

Fg. 14.



Querschnitt einer Muskelspindel aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Wasser. Vergr. 1000. Man sieht die Muskelprismen als dunkle polygonale Felder, die von hellen netzförmigen Zwischenräumen eingefasst werden. Letztere enthalten das in die interstitielle Flüssigkeit zwischen die Seitenmembranen der Muskelkästchen eingedrungene Wasser. *E* Motorische Endplatte im Querschnitt. *N* Nervenfaser.

Nach dem Gesagten sieht man auf dem Querschnitt der frischen oder mit Essigsäure behandelten Muskelspindel ein Mosaik von Muskelkästchen (Fg. 13). Der mit Wasser etc. behandelte Querschnitt zeigt dagegen ein Mosaik von Muskelprismen (Fg. 14), die durch interstitielle Flüssigkeit getrennt werden.

Die Längsansicht der mit Wasser behandelten Muskelspindeln ergibt bekanntlich eine Längsstreifung. Dieselbe kommt wiederum durch Eindringen des Wassers zwischen die Seitenmembranen benachbarter Muskelkästchen zu Stande. Wie man an den durchschnittenen Enden der Muskelspindeln mit Leichtigkeit erkennt, zerfällt auf diese Art der Sarcolem-Inhalt in Fäden, die am besten als Längsreihen von Muskelkästchen oder schlichtweg als Kästchenreihen bezeichnet werden können. Früher hat man dieselben Fibrillen genannt, neuerdings Muskel-

säulchen. Sie sind als Kunstproducte aufzufassen, insofern in der lebenden Muskelfaser die Anordnung der Muskelkästchen zu Muskelfächern, nicht zu Längsreihen von Muskelkästchen die massgebende ist. Wenn der Zerfall in die letztgenannten Längsreihen eintreten soll, so scheint ausser der Vermehrung der interstitiellen Flüssigkeit stets noch eine Consistenz-Vermehrung der isotropen Substanz erforderlich. Diese bildet dann mit den Grundmembranen der Muskelkästchen das Bindemittel, welches die Erhaltung des Zusammenhanges der Muskelkästchen unter einander in isolirten Längsreihen ermöglicht. Auf eine Coagulation der isotropen Substanz ist auch wahrscheinlich der spontane Zerfall von Muskelspindeln in Kästchenreihen zurückzuführen, welcher z. B. bei Petromyzon fluviatilis constant zu beobachten ist. Der leicht eintretende Zerfall nach der Längsrichtung ist abhängig von einem bedeutenden Reichthum an interstitieller Flüssigkeit, die bei frisch gefangenen Neunaugen, wie es scheint constant, eine ausserordentliche Menge von Fetttröpfchen enthält. Dieselben liegen so dicht gedrängt, dass auf dem Muskelspindelquerschnitt ein Mosaikbild der Muskelkästchen auftritt, welches scheinbar nur aus netzförmig angeordneten Reihen von Fettkörnchen besteht. Die letzteren liegen natürlicher Weise zwischen den Seitenmembranen von je zwei aneinanderstossenden Muskelkästchen und sind in Wahrheit in sich durchkreuzenden Ebenen ausgestreut.. Bei den Wirbelthieren überhaupt hängen die Seitenmembranen derjenigen Muskelkästchen, welche direct an das Sarcolem anstossen, nicht mit dem letzteren continuirlich zusammen. Vielmehr zerfällt der gesammte Sarcolem-Inhalt unter den begünstigenden Einflüssen in Längsreihen von Muskelkästchen, von denen die am meisten peripherisch gelegenen unmittelbar an die Innenwand des Sarcolems anstossen.

Auch durch sonstige Mittel wird bekanntlich das Entstehen von Kästchenreihen herbeigeführt. Bei der Einwirkung von Alkohol, Chromsäure und anderen, das Eiweiss gerinnen machenden Lösungen, ist die Coagulation und Erhärtung der isotropen Substanz der wesentliche Umstand, wodurch die Isolirung von Kästchenreihen mittelst Nadeln etc. ermöglicht wird.

Dass der Zerfall in Scheiben seltener und nur unter besonderen Umständen vorkommt, erklärt sich jetzt sehr einfach aus dem Umstande, dass die Seitenmembran eines jeden Muskelkästchens eine besondere ist; die Grundmembran aber je zwei einander in der Längsrichtung der Muskelfaser benachbarten Muskelkästchen gemeinsam angehört. Dass die Grundmembran eines jeden Muskelkästchens von den benachbarten in demselben Muskelfache getrennt ist, und nicht etwa eine Verschmelzung derselben unter einander stattfindet, geht trotz der bei normalen Muskel-

spindeln gleichartigen Beschaffenheit der Querlinien in deren ganzer Ausdehnung einfach aus folgendem Umstande hervor. Sowohl die Querlinien als die Querbänder benachbarter Fibrillen vermögen sich an einander nach der Längsrichtung der Muskelfaser zu verschieben, wenn ein Zerfall in Längsreihen von Muskelkästchen einmal eingetreten ist.

Wenn letzteres geschehen ist, so können in der Längsansicht die Querlinien des einen Theiles der Muskelspindel in ihrer Verlängerung nach der anderen Seite der letzteren hin auf die dunkeln Querbänder treffen und umgekehrt. Noch deutlicher wird die Selbstständigkeit der Muskelkästchen als der eigentlichen Grundelemente, aus denen die Spindeln aufgebaut sind, wenn durch in schräger Richtung wirkende Zugkräfte in einem Theile der Muskelspindel die gesammte Querstreifung in eine auf die Längsaxe der Spindel nicht mehr senkrechte Lage zu stehen kommt. Solche Fälle haben den bekannten Abbildungen von Henle (Nro. 36) und Leydig (Nro. 37) zu Grunde gelegen. Auch das treppenförmige Abbrechen der benachbarten Muskelfächer, wie es in quer oder schräg durchrissenen Muskelspindeln an gehärteten Präparaten vorkommt, hat in der Selbstständigkeit der einzelnen Muskelkästchen seinen Grund. Schon Bowman (Nro. 38) hat davon eine gute Abbildung gegeben, doch freilich in diesem Falle irrthümlicher Weise die Muskelkästchen für Muskelprismen genommen.

Zusammensetzung der Muskelprismen.

Eine andere Frage lässt sich aufwerfen, ob nämlich die Muskelprismen homogen oder noch zusammengesetzt sind. Man hat in denselben einen dunkeln Punkt wahrzunehmen geglaubt (Nro. 39), was jedenfalls auf eine optische Täuschung (S. unten Literatur) zurückzuführen ist. In der That lässt sich schliessen, dass die Muskelprismen als ein Bündel von sehr feinen Stäben betrachtet werden müssen. Dieselben können Muskelstäbchen genannt werden, wenn man annimmt, dass sie selbst aus einer Gruppe noch kleinerer doppeltbrechender Körper oder Disdiaklasten bestehen, die in der anisotropen Substanz vorausgesetzt werden. Zu warnen ist vor dem merkwürdigen, immer noch vorkommenden Irrthum, als wären die Muskelprismen (sarcous elements) mit den Disdiaklasten identisch, da jedes Muskelprisma doch eine Gruppe der letzteren darstellt. In Wahrheit scheint kein Grund vorhanden, wesshalb man den Disdiaklasten nicht eine messbare Grösse zuschreiben dürfe und dann werden dieselben für identisch mit den jetzt zu erörternden Muskelstäb-

chen gehalten werden können. Es erscheint daher gestattet, anstatt Muskelstäbchen den Ausdruck Disdiaklasten zu gebrauchen, was der Einfachheit wegen im Folgenden geschehen soll.

Misst man die Dicke der Muskelkästchen auf dem ohne Zusatz untersuchten Querschnitt, so erhält man für jedes Wirbelthier ganz constante Zahlen. Die dicksten Muskelkästchen haben die niederen Wirbelthiere, worüber weiter unten Zahlen-Verhältnisse mitgetheilt werden. Die Muskelprismen, deren Dicke man an mit Wasser behandelten Muskeln auf dem Längsschnitt sowohl, wie auf dem Querschnitt ermitteln kann, ergeben dieselben Resultate. Prüft man dagegen durch Alkohol oder Chromsäure dargestellte Kästchenreihen, so erhält man bedeutend geringere Zahlenwerthe. Dies ist am auffallendsten bei der Untersuchung des Querschnitts von in Chromsäure gehärteten Froschmuskeln, bei denen man sehr feine Querschnitte anfertigen kann. Die Verminderung des Dickendurchmessers der Muskelkästchen ist natürliche Folge der Wasserentziehung durch die angewendeten Reagentien.

Fg. 15.

d
Q

Muskelstäbchen- oder Disdiaklastenreihe aus einem in 0,2%iger Chromsäure gehärteten zerfaserten Muskel des Menschen. Vergr. 1000. *d* Muskelstäbchen oder Disdiaklast. *Q* Bruchstück der Grundmembran eines zugehörigen Muskelkästchens, welches durch die geronnene helle Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz mit den beiden anstossenden Mukelsstäbchen verkittet ist.

Zerfasert man nun einen Längsschnitt der mit Chromsäure behandelten Muskelsubstanz, so erhält man ausserordentlich viel feinere Fäden. Die Dicke derselben (0,0005 — 0,0008 Mm.) ist so gering (Fg. 15), dass gar nicht daran zu denken ist, dieselben auf geschrumpfte Muskelkästchenreihen zürückzuführen. Offenbar muss diese Spaltbarkeit nach der Längsrichtung der Muskelspindel in einem präexistenten Structurverhältniss begründet sein. Denn wie sie durch Chromsäure und analoge Mittel erst erzeugt werden sollte, ist nicht abzusehen und ebenso wenig kann man die Entstehung von so ausserordentlich feinen Fäden etwa auf die mechanische Wirkung des Zerfaserns zurückführen. Vielmehr ist die richtige Deutung nach dem bisher Erörterten naheliegend. Die feinsten der fraglichen Fibrillen werden durch je eine Längsreihe von Disdiaklasten gebildet, welche letzteren Bündelweise die Muskelprismen zusammensetzen. Die Basis von je zwei in der Längsrichtung der Muskelspindel aneinanderstossenden Disdiaklasten aber wird durch coagulirte isotrope Substanz mit einander verklebt. In der Mitte der Distanz von je zwei Disdiaklasten sieht man in der hellen, von einem entsprechend grossen Bruchstück der isotropen Substanz gebildeten Brücke jedesmal einen dunklen etwas in die Breite gezogenen Punkt (Fg. 15. *Q*). Derselbe entspricht einem Stückchen der betreffenden Muskelkästchen-Grundmembran. Breitere Fäden kommen

dadurch zu Stande, dass sich mehrere Disdiaklasten-Reihen unter einander verkittet erhalten.

Nach dem Vorstehenden sind unter den Fibrillen der Autoren wesentlich unter einander verschiedene Dinge begriffen worden. Nämlich Längsreihen von Muskelkästchen, Längsreihen von Disdiaklasten und Bündel, die aus mehreren unter einander verkitteten Längsreihen von Disdiaklasten bestehen. Für solche aus mehreren zufällig noch verklebten Längsreihen von Disdiaklasten zusammengesetzte Fibrillen, die also ebenfalls Kunstproducte sind, und innerhalb der Grenzen zwischen der Dicke einer Muskelkästchenreihe und derjenigen einer Disdiaklastenreihe beliebig schwankende Durchmesser haben, wird der Ausdruck Fibrillen passender Weise reservirt werden können, wie es im Folgendem geschehen soll.

Der Muskelspindel-Querschnitt zeigt nun je nach der Darstellungsmethode entweder nur Fetttröpfchen, oder die Seitenmembranen der Muskelkästchen (S. 27. Fg. 13), oder Muskelprismen (Fg. 14), die man früher für Fibrillendurchschnitte zu erklären pflegte, oder endlich Querschnitte der Muskelstäbchen (Disdiaklasten).

Seit langer Zeit ist es bekannt, dass die Muskelspindeln durch die Einwirkung einiger Reagentien in Scheiben, durch andere in Fibrillen zerfallen. Letztere Wirkung hat man meistens aus einer Auflösung des „Querbindemittels“ erklärt. Da dasselbe zunächst als interstitielle Flüssigkeit aufgefasst werden muss, so kann sich die Lösung nur auf den die in der Querrichtung benachbarten Muskelkästchen an den Rändern ihrer Grundmembranen zusammenhaltenden Kitt beziehen. Wichtiger aber scheint es zu sein, dass die meisten unter den betreffenden Reagentien ohne allen Zweifel die Muskelkästchenflüssigkeit coaguliren. Indem sie dadurch die in der Längsrichtung der Muskelspindel benachbarten Muskelprismen resp. Muskelstäbchen zusammenkleben, entstehen durch Abspaltung der Länge nach theils Muskelkästchenreihen, theils Fibrillen und Disdiaklastenreihen. Den bekannten Effecten von Alkohol, Chromsäure, Sublimat etc. kann die Wirkung des in die Arterien lebender Kaninchen injicirten Chloroforms angereiht werden.

Auf eine Gerinnung der Muskelkästchenflüssigkeit durch Einwirkung von Wasser als solchem scheint sowohl das Auftreten von Muskelkästchenreihen in frischen Muskelspindeln nach Wasser-Zusatz, als der spontane Zerfall der reichlich mit Wasser (interstitieller Flüssigkeit) durchtränkten Muskelspindeln von Petromyzon fluviatilis zurückgeführt werden zu können. Dasselbe gilt, wie gleich hier bemerkt werden mag, in Betreff des analogen Verhaltens der Muskeln von Astacus fluviatilis.

Im Allgemeinen ist die weitere Aufgabe noch zu lösen, die bekannten

und andere Reagentien in Betreff ihrer Einwirkung auf die Querbänder und Querlinien durchzuprüfen. Die früheren, zwar ohne Kenntniss der letztgenannten Elemente angestellten, doch übrigens sehr vollständigen Untersuchungen von Mulder und Lehmann bedürfen dringend der Wiederholung.

Dimensionen der Muskelkästchen.

Was die Dimensionen der Muskelkästchen betrifft, so liegt auf der Hand, dass die bisherigen Messungen an den quergestreiften Muskelspindeln keine brauchbaren Resultate geben konnten. So lange einerseits die anatomischen Grund-Elemente der Muskelspindeln nicht bekannt waren, und man andererseits die verschiedenen physiologischen Zustände der einzelnen Spindeln oder verschiedener Abtheilungen derselben Spindel zum Behuf der Messungen nicht gehörig sonderte, musste man natürlich ausserordentlich schwankende Zahlenwerthe erhalten. Kölliker (Nro. 40) gibt für die Distanz der Querstreifen 0,0009—0,0022 Mm., Harting (Nro. 88) 0,002—0,0035 Mm., Lebert (Nro 41) 0,001—0,01 Mm. an. Die zu erfüllenden Anforderungen schienen folgende zu sein.

Die Muskelfasern sollten lebend sein, nicht todtenstarr, nicht in Fäulniss begriffen, nicht contrahirt, nicht mit Reagentien behandelt, nicht gedehnt oder gedrückt. Alle diese Fehlerquellen vermeidet man durch vorsichtige Behandlung der vom lebenden Thiere genommenen und ohne Zusatz untersuchten Muskelsubstanz. Dabei ist es nothwendig, die zufällig nicht genau horizontal liegenden (S. oben S. 8) Muskelspindeln sorgfältig zu vermeiden, wie sich von selbst versteht. Eine verhältnissmässig grosse Genauigkeit ist leicht dadurch zu erreichen, dass man die Entfernung von zwei dunkeln Querbändern misst, die durch eine bequem zu zählende Anzahl von anderen dunkeln Querbändern z. B. 10 oder 20 getrennt sind. Auf diese Art erhält man die Länge der Muskelkästchen, wie jedesmal die nach der Längsrichtung der Muskelfaser sich erstreckende Dimension genannt werden soll, sehr genau. Die Breite nach der Querrichtung der Muskelspindel muss man natürlich auf dem optischen Querschnitt der lebenden Muskelspindel bestimmen. Die Dicken-Dimensionen der dunkeln und hellen Querbänder, sowie der Querlinien sind wegen ihrer sehr geringen Werthe weniger genau zu erhalten. Immerhin stellt sich eine höchst bemerkenswerthe Uebereinstimmung in der Grösse bei den verschiedenen Wirbelthierclassen heraus; die Länge der Muskelkästchen schwankt z. B. zwischen 0,0022—0,0026 und ist wahrscheinlich ganz allgemein = 0,0025 Mm. zu setzen, mit einer Un-

sicherheit von plus-minus 0,0001 Mm. Auch kommen weder Alter- oder Geschlechts-Verschiedenheiten, noch solche unter den einzelnen Muskeln vor. Die Zahlen der folgenden Tabelle sind Mittel aus sehr zahlreichen, unter sich ausserordentlich wenig differirenden Messungen, und mit Berücksichtigung aller irgend anzuwendenden Cautelen erhalten. Sie erstrecken sich daher nur über wenige Thiere; man kann sie aber unbedenklich für gültig in der ganzen Wirbelthierreihe ansehen. Die verschiedene Breite der Muskelkästchen in der Querrichtung der Muskelspindeln bildet dagegen den Hauptunterschied zwischen den höheren und niederen Wirbelthieren. Sie ist bei letzteren viel bedeutender und man kann den Frosch als Repräsentanten der Amphibien nicht nur, sondern auch der Fische betrachten, welche letzteren ganz ähnliche Verhältnisse darbieten.

Dimensionen in Mm.

Wirbelthiere.	Muskelkästchen.		Dunkles Querband.	Helles Querband.	Querlinie.	Muskeln.
	Länge.	Breite.	Dicke.	Dicke jed. Hälfte.	Dicke.	
Mensch	0,0026	0,0019	0,0015	0,0004	0,0003	Bauch-
Schaf	0,0026	0,0019	0,0015	0,0004	0,0003	Unter-schenkel-
Maus.......	0,0024		0,0014	0,00035	0,0003	Brust-
Huhn	0,0022		0,0013	0,0003	0,0003	Augen-
Frosch	0,0026	0,0035	0,0015	0,0004	0,0003	Brusthaut-
Leuciscus dobula....	0,0024		0,0015	0,0003	0,0003	Augen-
Petromyzon fluviatilis..	0,0025					Rumpf-

Historisches.

Die früheren Anschauungen über den Bau der quergestreiften Muskelspindeln können wohl nur noch historisches Interesse beanspruchen. Die hier anzustellenden Betrachtungen haben vor Allem den Zweck, in halb-vergessenen Abbildungen die Spuren aufzusuchen, welche in Betreff einer richtigen Erkenntniss der Elemente, aus denen die Muskelspindeln

wie im Vorhergehenden gezeigt wurde zusammengesetzt sind — nämlich der Muskelkästchen — hie und da zerstreut sich finden.

Dass Querrunzeln des Sarcolems die Ursache von Querstreifung der Muskelspindeln sein können, wurde durch C. Krause (Nro. 42) mit Sicherheit festgestellt. Bei dem damaligen Stande der microscopischen Technik war der jetzt als irrthümlich erkannte Schluss nicht widerlegbar, dass jede Querstreifung von Querrunzeln des Sarcolems abhängig sei. Aus Handzeichnungen, die sich unter dem Nachlasse meines Vaters fanden, geht hervor, dass seine damaligen Beobachtungen sich namentlich auch auf den Frosch erstreckten und Muskelspindeln betrafen, deren Rand in regelmässigen, den Querrunzeln entsprechenden Abständen eingekerbt war. Später hat auch Gerber (Nro. 43) mitgetheilt, dass die Querstreifen dem Sarcolem anzugehören schienen.

Die dunkle Querlinie, welche jedes helle Querband in zwei gleiche Theile trennt, ist von Goodfellow (Nro. 89. 1844) oder vielleicht von dem Optiker Lealand (Nro. 44) zuerst gesehen worden. Goodfellow beschrieb an den die Muskelspindeln zusammensetzenden Fibrillen eine Scheide; sie werden durch quere Septa in Abtheilungen gebracht, in welchen rectanguläre Körperchen oder Scheibchen liegen. Was Lealand betrifft, so bezogen sich seine Beobachtungen nur auf Fibrillen, welche durch Zerfasern in Goadby'scher Flüssigkeit (Sublimat, Kochsalz, Alaun) isolirt waren (Nro. 52), und vielleicht aus diesem Grunde ist denselben in Deutschland wenigstens keine weitere Beachtung zu Theil geworden.

Gestützt auf Lealand's Präparate erklärte Sharpey (Nro. 44) die Muskelprismen für zusammengesetzt aus einem centralen dunkeln und einem hellen peripherischen Theile. Dieser Auffassung haben sich später Carpenter, Quekett, Donders (Nro. 45) und Schönn (Nr. 39) angeschlossen.

Ferner hat Carpenter (Nr. 46) im Jahre 1846 die Zusammensetzung des Sarcolem-Inhalts aus Elementen behauptet, die er Zellen nannte. Die Muskelspindel besteht aus Fibrillen, jede Fibrille aus einer Längsreihe von Zellen, die Carpenter schematisch von quadratischer Form zeichnet. Die Zellen haben structurlose Wände; in ihrem Binnenraum enthalten sie eine relativ sehr dicke helle Schicht; im Centrum der Zelle liegt ein dunkler, ebenfalls viereckiger Körper; das *sarcous element*. Jedes helle Querband wird durch eine quere Linie getheilt. Der Fehler in Carpenter's Anschauung besteht darin, dass er die interstitielle Flüssigkeit nicht kannte, sondern die durchsichtige Substanz, welche die Muskelprismen benachbarter Muskelkästchenreihen trennt, in das Innere

der Muskelkästchen selbst verlegte. Ueber die Entstehung dieses Irrthums s. unten (Quekett).

Wilson (Nr. 47) sah jedes dunkle Querband durch eine dunkle Querlinie in zwei Hälften getheilt. Dobie (Nro. 48) berichtigte diese Angabe dahin, dass bei einer oberflächlichen (zu hohen) Focusstellung die dunkeln Querbänder durch eine hellere Linie getheilt seien, die als optischer Effect der stärker lichtbrechenden Substanz aufzufassen sei. Dobie selbst sah bei richtiger Focusstellung die hellen Querbänder der untersuchten Thiere (Mensch, Rind, Schwein, Frosch, Lachs, Rochen — Hummer) durch eine dunkle Querlinie getheilt, und bildete Muskelkästchenreihen vom Frosch (Nro. 48) ab, die solche in regelmässiger Anordnung zeigen.

Quekett (Nro. 49) gab Abbildungen einer Muskelkästchenreihe vom Aal und nach einem Lealand'schen Präparate einer solchen vom Schwein, welche genau die Carpenter'sche schematische Figur reproducirt. Ein solches Verhalten existirt in Wahrheit nirgends und an dem bei englischen Schriftstellern öfters wiederkehrenden Irrthum sind nach Martyn (Nro. 52) untercorrigirte Linsen und die Anwendung der Goadby'schen Flüssigkeit, welche einen hohen Brechungsindex besitzt, Schuld gewesen. Jedes oblonge Muskelprisma wird nach Quekett in weitem Abstande von einer structurlosen Membran umgeben, die einen beträchtlichen breiten hellen Zwischenraum zwischen der Zellenwand und dem Muskelprisma an allen vier Seiten des letzteren freilässt. Jedenfalls muss aber Quekett die Querlinien an Fibrillen ebenfalls gesehen haben.

Möglicherweise liegt auch einer Abbildung von Kölliker (Nro. 50) die Wahrnehmung von dunkeln Querbändern und Querlinien zu Grunde, welche letzteren innerhalb der hellen Querbänder verlaufen.

Amici (Nro. 51) bildete 1858 eine Muskelkästchenreihe vom Lamm ab, welche die Querlinien innerhalb der hellen Muskelkästchenflüssigkeit bei 2000maliger Vergrösserung sehr deutlich punktirt und die Muskelprismen längsgestreift zeigt. Dieselben Bilder erhielt Amici beim Schwein und Rind. Die Ansichten von Quekett bekämpfte Amici und erklärte: die Fibrillen wiederholten im Kleinen ganz genau den Bau der Muskelspindeln im Grossen.

Martyn (Nro. 52) reproducirte in einer Zusammenstellung die bisher erwähnten Abbildungen und einige andere. Unter den letzteren zeigt namentlich eine dem Micrographic Dictionary, Art. Muscle entnommene von einer Muskelkästchenreihe des Hummers die Querlinien deutlich. Martyn konnte am frischen Muskel die Querlinien nicht finden; er sah sie besonders gut an sehr gestreckten Disdiaklastenreihen nach Anwendung von Alkohol. Er hielt die Querlinien für bedingt durch eine prä-

existirende Substanz, welche das einzige Bindemittel zwischen benachbarten Fibrillen darstelle, durch verschiedene Agentien coagulirt und erst dadurch optisch wahrnehmbar werde.

Kühne (Nro. 53) lieferte eine Darstellung der durch Essigsäure-Einwirkung allmälig erblassenden dunklen Querbänder und hervortretenden Querlinien einer Muskelspindel vom Hunde, ohne über die Bedeutung der Erscheinung eine weitere Bemerkung hinzuzufügen, als dass die contractile Substanz „aufgeblättert" sei. In einigen anderen Figuren (Nro. 54) sind die dunkeln Querbänder und die Querlinien unverkennbar.

Beale (Nro. 87) zeichnete naturgetreu die Querlinien innerhalb der isotropen Substanz von Hyla arborea, ohne sie im Texte zu erwähnen.

Sharpey (Nr. 55)* bildete 1867 eine Muskelspindel des Menschen ab, welche bei 800facher Vergrösserung die Querlinien innerhalb der hellen Querbänder zeigt. Er fand dieselben punktirt, hielt sie aber nicht für constant (it is not invariably present).

Frey (Nro. 56) sah mehrfach in der halben Länge der helleren Zone einen dunkeln Querstreifen (S. unten Wirbellose S. 44).

* Sharpey und alle übrigen Beobachter mit Ausnahme von Wilson zeichnen die Querlinien in der Mitte der hellen Querbänder, mithin die isotrope Substanz in zwei Hälften trennend. Eine mit Wilson übereinstimmende Abbildung, wonach die dunkeln Querbänder durch eine dunkle Querlinie getheilt sein sollen, findet sich nur noch in einer Abhandlung von Hensen (Arbeiten des Kieler physiologischen Institutes. 1868. Taf. I. Fg. 1), die ich durch die Güte des Herrn Verfs. (Ende October 1868) erhielt, als meine hier mitgetheilten Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern schon lange für den Druck bereit lagen.

Hensen sah die anisotrope Substanz durch eine sog. Mittelscheibe gesondert, während die von mir beschriebene Querlinie die isotrope Substanz halbirt. Dass der Versuch, zwei so durchaus verschiedene Dinge für identisch zu erklären, missglücken werde, war wohl von vornherein zu erwarten.

An einem anderen Orte (Zeitschrift f. rationelle Medicin. 1868. Bd. XXXIV. S. 110) habe ich bereits den Hauptpunkt der ganzen Angelegenheit hervorgehoben. Der Entwicklungsgang des Hensen'schen Irrthums dürfte nämlich folgender gewesen und ursprünglich auf einen vergleichend-anatomischen Fehler zurückzuführen sein. Hensen beobachtete die wahren Querlinien in der isotropen Substanz bei Insecten. Er verwechselte aber die beiden Substanzen, was bei diesen Muskelfasern passiren kann. Wer die letzteren noch nicht genau kennt und gleichwohl die Untersuchung mit sehr starken Vergrösserungen beginnt, kann sehr wohl die dunkle Querlinie mit der isotropen Substanz zusammen für die anisotrope Substanz halten und umgekehrt. (Vergl. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1859. Taf. XVII. Fg. 10.) Um so mehr ist dies der Fall, wenn die Anwendung von Reagentien vernachlässigt wird, während ich von Anfang an darauf hingewiesen hatte, dass dunkle Querbänder und Querlinien sich gegen verdünnte Essigsäure verschieden verhalten; die Querlinien sind wie gesagt der Ausdruck gegen Essigsäure resistenter Membranen. Hensen zeichnet nun in der That die Muskelfaser der Biene (Taf. I. Fg. 4 a u. b) vollkommen richtig, aber seine Zwischensubstanz *d* ist in Wahrheit die undurchsichtigere anisotrope

Der Unterschied zwischen den durch concentrirte Salpetersäure einerseits, verdünnte Essigsäure andererseits entstehenden Scheiben tritt recht deutlich in einigen Abbildungen hervor. Man vergleiche die ersteren bei Bowman (Nro. 57); die letzteren bei Kölliker (Nro. 58), in dessen Figur die dunkeln Querstreifen den Querlinien entsprechen.

Vom Querschnitt der frischen Muskelspindel des Frosches hat wohl Valentin (Nro. 59) die erste richtige Abbildung im Jahre 1842 gegeben. Sie zeigt das Mosaikbild von dunkeln Linien, welche den Muskelkästchen entsprechen. (S. oben S. 27. Fg. 13.) In Bezug auf die sonstigen Differenzen, welche Muskelquerschnitte zeigen können, ist auf die bekannten Arbeiten Leydig's zu verweisen.

Steffan (Nro. 60) bildete 1860 den Muskelquerschnitt desselben Thieres mit Essigsäure behandelt ab.

Dann theilte Kölliker (Nro. 61. 1866) richtige Abbildungen der Muskelkästchen des Frosches auf dem Querschnitt mit und wies dieselben Verhältnisse für alle Thierclassen nach. Man könnte die von einem Netzwerk dunkler Linien umschlossenen polygonalen Figuren die Kölliker'schen Felder nennen. Die Muskelkästchenreihen bezeichnete Kölliker als Muskelsäulchen, welcher Ausdruck leicht zur Verwechslung mit Muskelprismen

Substanz, welche (in der Längsrichtung der Muskelfaser) ca. dreimal so dick ist, als die isotrope. Daraus erklärt sich denn auch sofort die auffallende und ganz unrichtige Angabe Hensen's (l. c. S. 1): Die Scheiben der anisotropen Substanz hätten bei Wirbellosen einen geringeren Dickendurchmesser, als bei Wirbelthieren. In Folge dieser Verwechslung nahm Hensen an, die anisotrope Substanz werde bei den Insecten durch eine Querlinie halbirt.

Bei den Wirbelthieren suchte Hensen in seiner Art folgerichtig die Mittelscheibe ebenfalls im Innern der anisotropen Substanz, welche letztere Hensen bei diesen Thieren selbstverständlich nicht mit der isotropen Substanz verwechseln konnte. Er fand in der That im Innern der anisotropen Substanz eine Linie, die er als Mittelscheibe bezeichnete. Dieselbe ist jedoch nichts weiter als der bekannte optische Effect der zugehörigen Scheibe von anisotroper Substanz, die einen verhältnissmässig hohen Brechungsindex besitzt. Nach den Abbildungen Hensen's zu urtheilen, ist vielleicht auch eine unzweckmässige Verwendung der schiefen Beleuchtung nicht ohne Antheil an dem Zustandekommen der fraglichen Täuschung gewesen. Wenn Hensen anstatt meiner vorläufigen Mittheilung die hier veröffentlichen Thatsachen oder auch nur die Abhandlung von Dobie gekannt hätte, so würde er nicht im Stande gewesen sein, so gänzlich verschiedene Dinge zusammenzuwerfen. Dass die aufgestellte physiologische Theorie zugleich mit hinfällig werden dürfte, wird kaum zu bezweifeln sein.

Es ergiebt sich also, dass Hensen bei Wirbellosen die wahren Querlinien gesehen hat, nicht aber bei Wirbelthieren. Die von Hensen am Schluss seiner Abhandlung ausgesprochene Hoffnung: „wenn er sich geirrt habe, werde er sich wenigstens consequent geirrt haben“, ist hiernach nicht in Erfüllung gegangen.

Veranlassung geben kann. Die nur künstlich darzustellenden Längsreihen von Disdiaklasten nannte Kölliker Fibrillen und liess aus mehreren solcher jedes Muskelsäulchen zusammengesetzt sein.

Von den Muskelprismen, die man unter Umständen auf dem Muskelquerschnitt direct wahrnehmen kann, hat Bowman (Nro. 62) im Jahre 1847 eine Abbildung mitgetheilt.

Das Mosaik der Muskelprismen (S. 27. Fg. 14), wie sie auf denselben Schnitten nach Behandlung mit Wasser oder 0,5%iger Kochsalzlösung erscheinen, sind vielfach abgebildet; zuerst (1846) dürfte Carpenter (Nro. 63) eine gute Darstellung gegeben haben; später (1860) Welcker (Nro. 64) nach einem Carmin-Präparat.

Dann zeigte Cohnheim (Nro. 65), dass die Querschnitte der Muskelprismen von polygonaler Form sind. Nach Behandlung mit Wasser werden sie von hellen Linien eingefasst, und die so entstehenden Cohnheim'schen Felder sind nicht mit den Kölliker'schen zu verwechseln. Letztere entsprechen (S. oben S. 27) dem Mosaik der ganzen Muskelkästchen, erstere demjenigen der Muskelprismen, die durch eingedrungene Flüssigkeit von einander getrennt werden.

Kölliker (Nro. 66) demonstrirte (1866) die Verschiedenheit seiner Felder von den Cohnheim'schen, und bildete auch die letzteren ab.

Ueber die Muskelkerne, welche von Welcker Muskelkörperchen genannt wurden, mag hier noch eine Bemerkung Platz finden. Dieselben stehen mit den Seitenmembranen der Muskelkästchen in Verbindung, wie sich an ohne Zusatz oder mit Essigsäure untersuchten frischen Muskelspindeln niederer Wirbelthiere leicht zeigen lässt. Die Enden der Muskelkerne liegen in mitunter spindelförmigen Räumen, die von interstitieller Flüssigkeit oder feinen Körnchen erfüllt sind. Bekanntlich hat man diese spindelförmigen Räume als Zellenkörper aufgefasst und, wie es scheint, besondere Theorien auf dieselben basirt. Letzteres wird ferner nicht mehr angehen, denn es ist selbstverständlich, dass die interstitielle Flüssigkeit nebst ihren Körnchen ein Product des Muskelstoffwechsels darstellt, welches sich neben den Kernen anhäufen kann, weil an deren Enden die Muskelkästchenreihen ohnehin nicht dicht an einander zu schliessen vermögen.

B. Die quergestreiften Muskelcylinder der Wirbellosen.

Im Gegensatz zu den quergestreiften Muskelspindeln der Wirbelthiere gehen die analogen Elementartheile der Insecten, wie seit Weismann (Nro. 67) feststeht, aus mehreren Zellen hervor, nicht aus einer einzigen. Dieser fundamentale Unterschied macht es wünschenswerth, die beiderlei im anatomischen Sinne keineswegs gleichwerthigen Objecte durch eine verschiedene Bezeichnungsweise zu unterscheiden. Es wird desshalb im Folgenden für die aus mehreren Zellen hervorgehenden quergestreiften Elemente der Insecten der Ausdruck Muskelcylinder eingeführt werden, und ebenso für einige andere Wirbellose z. B. den Krebs, für dessen enorm grosse Muskelcylinder derselbe Entwickelungsmodus wahrscheinlich ist.

Die Muskelcylinder der Scheeren von Astacus fluviatilis zeigen die Muskelkästchen in relativ colossaler Entwickelung (Fg. 16). Sowohl der Querschnitt als die Längsansicht ist daher zum Studium des Bau's der Muskelfaser besonders geeignet. Der Sarcolem-Inhalt zerfällt, wie bei Petromyzon fluviatilis, sehr leicht spontan in Muskelkästchenreihen und diese wiederum in Disdiaklastenreihen oder auch in Fibrillen. Die Schwanzmuskeln zeigen kleinere Muskelkästchen, welche sich in allen Beziehungen ebenso verhalten, wie die grösseren der Scheerenmuskeln. Letztere sind eben so wohl durch Länge wie durch Dicke ausgezeichnet. Ersteres gilt auch von den in ihnen enthaltenen Muskelprismen. Alle diese Muskelcylinder führen zahlreiche Muskelkerne.

Fg. 16.

Drei Muskelkästchen einer isolirten Kästchenreihe aus den Scheerenmuskeln des Flusskrebses. Frisch ohne weiteren Zusatz isolirt. *an* Muskelprisma aus anisotroper Substanz bestehend. *Q* Querlinie oder Grundmembran eines Muskelkästchens. Die Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz ist hell.

Bei den Insecten (Dyticus marginalis, Hydrophilus piceus, Melolontha vulgaris, Musca domestica, Musca vomitoria, Locusta viridissima, Forficula auricularia etc.) besteht der wesentliche Unterschied von den Wirbelthieren darin, dass die Längen-Dimension der Muskelkästchen besonders ausgebildet ist. Auch die Dicke ist bedeutender, aber doch nicht in demselben Verhältniss überwiegend. Aus diesem Grunde sind alle

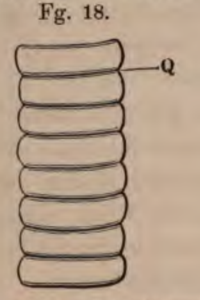
wesentlichen Verhältnisse des Bau's der Muskelcylinder nächst dem Flusskrebs nirgends leichter und bequemer zu sehen, als bei den Insecten. Am meisten empfehlen sich die den Oberschenkel bewegenden Muskeln von Musca vomitoria, die schlichtweg Schenkelmuskeln genannt werden sollen. Man untersucht sie mit Eiweiss oder in einer 4%igen Lösung von phosphorsaurem Natron am eben ausgerissenen Beine. Auf diese Art erhält man prachtvolle Bilder der dunkeln und hellen Querbänder, so wie der Querlinien (Fg. 17) schon bei verhältnissmässig schwachen Vergrösserungen (450—600). Setzt man zu der anfangs ohne Zusatz untersuchten Muskelsubstanz unter dem Microscop 3%ige Essigsäure, so ist das Erblassen der dunkeln Querbänder und das Hervortreten der Querlinien in hohem Grade characteristisch. Die Feinheit der Querlinien im Gegensatz zu der grösseren Dicke der Scheiben von anisotroper Substanz macht die schon mehrfach erwähnte (S. 12. S. 16) Unmöglichkeit, dass die dunkeln nach Säure-Zusatz hervortretenden Querstreifen nichts als durch Quellung des Muskelcylinders verschmälerte dunkle Querbänder wären, noch auffallender, als bei den Säugern. Auch die Querwurzeln des Sarcolems sind unter diesen Umständen ausnehmend deutlich und leicht als solche vermöge der entsprechenden Einkerbungen (Fg. 18) in der Profilansicht zu erkennen.

Fg. 17.



Muskelcylinder aus den Schenkelmuskeln * von Hydrophilus piceus. Nur ein Theil der Breite des Cylinders ist angegeben. Frisch ohne Zusatz. Vergr. 1000. *s* Sarcolem. *an* dunkles Querband, im Holzschnitt etwas zu dunkel ausgefallen. *Q* Querlinie. *k* Kern unterhalb des Sarcolems. *E* Motorische Endplatte. *N* Nervenfaser.

Fg. 18.



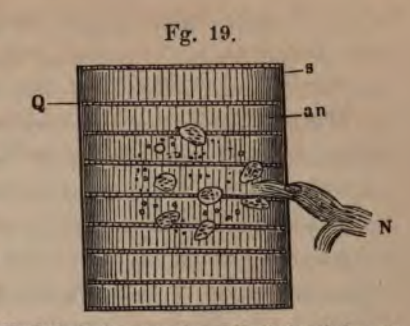
Muskelcylinder aus den Schenkelmuskeln der Stubenfliege. Frisch mit 5%iger Lösung von molybdänsaurem Ammoniak. *Q* Querrunzeln des Sarcolems. Die Muskelprismen und die Muskelkästchenflüssigkeit sind an dem contrahirten, in hoher Focusstellung gezeichneten Muskelcylinder nicht zu unterscheiden. Vergr. 450.

Die Querlinien sind ein wenig dicker als bei den Wirbelthieren und unter schwächeren Vergrösserungen fällt öfters ihre getüpfelte Beschaffenheit auf. Namentlich nach Wasserzusatz erscheinen sie manchmal auch bei stärkeren Ver-

* Unter „Schenkelmuskeln“ sollen die in der Bauchhöhle gelegenen, den Oberschenkel bewegenden Muskeln verstanden werden.

grösserungen wie aus einer Reihe von einzelnen Pünktchen bestehend (Fg. 19). Indessen lehrt ein genaues Studium mit den besten Linsen, dass dieses Aussehen nur vom Ansatz der Seitenmembranen der Muskelkästchen an deren Grundmembranen herrührt. Die Ansatzstelle erscheint als Punkt resp. die ganze Querlinie rauh je nach der Stärke der angewendeten Vergrösserung. Die unten angegebene Dicke der Querlinien bezieht sich nicht auf die Membranen selbst, sondern ist incl. der erwähnten Rauhigkeiten verstanden.

Fg. 19.



Muskelcylinder aus den Schenkelmuskeln von Musca vomitoria. Frisch mit Wasser. Vergr. 1000. *s* Sarcolem. *an* dunkle Querbänder längsgestreift durch die Seitenmembranen der Muskelkästchen. *Q* Querlinie scheinbar punktirt. *N* Nervenfaser, die in einer motorischen Endplatte aufhört, welche letztere in Flächenansicht erscheint.

Da die Muskelcylinder der Insecten durch Zusatz von 3⁰/₀iger Essigsäure ein wenig aufquellen, so spannen sich die Grundmembranen der Muskelfächer unter diesen Umständen. Desshalb baucht sich das Sarcolem an den der anisotropen Substanz und den beiden zugehörigen Schichten von Muskelkästchenflüssigkeit entsprechenden Stellen d. h. an der Peripherie der Muskelfächer nach aussen hervor, wie in Fg. 18. Die Stellen, wo die Grundmembranen der Muskelfächer am Sarcolem sich anheften, veranlassen die Einkerbungen, welche in der Profilansicht wahrnehmbar sind. Aus diesen Beobachtungen allein ist schon mit Sicherheit der Schluss zu ziehen, dass die Grundmembranen der Muskelfächer feste, in ihren physicalischen wie chemischen Eigenschaften von der anisotropen und isotropen Substanz verschiedene Gebilde sind. Auf diesen Weg der Beweisführung für die Existenz der Grundmembranen, als deren optischer Ausdruck die Querlinien erscheinen, wurde bereits an einem anderen Orte (Nro. 68) hingedeutet.

Die Längsstreifung der Muskelcylinder von Insecten wird, wenn sie ohne Zusatz untersucht werden, durch die Seitenmembranen der Muskelkästchen bedingt, die auch nach Zusatz von Essigsäure in der angegebenen Concentration erkennbar bleiben. Im Inneren der Muskelcylinder finden sich wie man weiss Muskelkerne in besonderen Anordnungen. Seltener handelt es sich um Reihen, meist ist die contractile Substanz von Hohlcylindern unterbrochen, die aus Kernen bestehen. Doch pflegt eine einfache Kernreihe in der Axe der Muskelcylinder vorhanden zu sein.

Die T h o r a x m u s k e l n der Insecten haben bekanntlich die Eigenschaft, ausserordentlich leicht in Muskelkästchenreihen zu zerfallen. Den Muskelcylindern fehlt das Sarcolem nicht, aber ohne Anwendung von Reagentien sind sie nicht mit unverletzter Hülle zur Anschauung zu

bringen. Trotz der enormen Arbeit, die sie z. B. bei Schmetterlingen fortwährend leisten, hat man denselben die Contractionsfähigkeit abzusprechen gewagt. Indessen hat Weismann (Nro. 69) die Contractionen der Muskelkästchenreihen unter dem Microscop direct beobachtet. Wahrscheinlich wird die erwähnte Neigung zum Zerfall in Kästchenreihen durch Reichthum an interstitieller Flüssigkeit und leichte Gerinnbarkeit der Muskelkästchenflüssigkeit bedingt. Beides ist wohl Resultat der angestrengten Thätigkeit dieser Muskeln, die sich ebenfalls durch reichliche Anhäufung eines gelben Farbstoffes auszeichnen. Letzterer wird wahrscheinlich als Zusetzungsproduct aufzufassen sein, da arbeitende Muskeln überhaupt intensiver gefärbt sind, als die mehr ruhenden. Die Querlinien treten in den Thoraxmuskeln z. B. bei Pontia crataegi sehr gut hervor; die Dicke der Muskelkästchenreihen beträgt 0,0015—0,002 Mm.; ebenso bei Musca vomitoria 0,0015 Mm.

Ueber die Dimensionen der Muskelkästchen bei den Wirbellosen ist bezüglich der Messungs-Methode auf die oben (S. 32) bei den Wirbelthieren gemachten Angaben zu verweisen. Die Länge der Muskelkästchen nach der Längsrichtung des Muskelcylinders ist wegen der grösseren Dicke namentlich der anisotropen Substanz bedeutender als bei den Wirbelthieren. Ebenso die Breite in der Querrichtung des Muskelcylinders; doch zeichnen sich die Scheerenmuskeln des Flusskrebses durch grössere Breitendimensionen der Muskelkästchen besonders aus, und übertreffen in dieser Hinsicht sowohl die Schwanzmuskeln desselben Thieres, als namentlich die Muskeln der Insecten. Letztere bestehen aus Muskelkästchen, die in allen Richtungen etwa doppelt so gross sind, als die Muskelkästchen der höheren Wirbelthiere.

Dimensionen in Mm.

Wirbellose.	Muskelkästchen.		Dunkles Querband.	Helles Querband.	Querlinie.	Muskeln.
	Länge.	Breite.	Dicke.	Dicke jed. Hälfte.	Dicke.	
Astacus fluviatilis..	0,0039	0,0062			0,0005	Scheeren-
Musca vomitoria.	0,0025	0,0015				Thorax-
Musca vomitoria.	0,0052		0,0031	0,0008	0,0005	Oberschenkel-
Melolontha vulgaris ..	0,0040	0,0024				Oberschenkel-
Hydrophilus piceus	0,0040	0,0030				Oberschenkel-

Die Muskelprismen zerfallen auch bei den Insecten durch Alkohol, Chromsäure von 0,2 % etc. in Muskelstäbchen, die leicht in Reihen angeordnet zu erhalten sind. Die Muskelstäbchen haben unter diesen Umständen bei Melolontha vulgaris und Hydrophilus piceus 0,0008 Mm. Dicke. Bei letzterem Käfer sind sie an Chromsäure-Präparaten auf dem Querschnitt der Oberschenkelmuskeln ebenfalls leicht sichtbar.

Was die Literatur anlangt, so sind nach Sharpey (Nro. 70) die Querlinien der Insecten zuerst von Busk und Huxley erwähnt worden. Diese Forscher (Nro. 71) hielten sie jedoch für bedingt durch kleinere, in die isotrope Substanz eingestreute Partikelchen der anisotropen Substanz. Joh. Müller (Nro. 72) hat die Querlinien ohne Zweifel vor Augen gehabt, sie aber wahrscheinlich mit Querrunzeln des Sarcolems zusammengeworfen. Amici (Nro. 73) gab eine gute Abbildung von einem Muskelcylinder der Stubenfliege bei 740maliger Vergrösserung; seine Beschreibung des Bau's der Muskelfaser kann dagegen nicht für zutreffend erachtet werden. Der Irrthum wurde durch Betrachtung von Querschnitten veranlasst, aus denen sich der Sarcolem-Inhalt hervordrängte, was schon mehrfach bemerkt worden ist.

Brücke (Nro. 74) hat dann gezeigt, dass die Substanz der Querlinien bei Hydrophilus piceus doppelt-brechende Eigenschaften besitzt. Es folgt daraus mit aller Sicherheit, dass zunächst bei Insecten die Querlinien der optische Ausdruck von Membranen sind, die sich in festem Aggregatzustande befinden. Obgleich also die Substanz, welche die Querlinien bildet, ebenfalls anisotrop genannt werden kann, so ist doch der Ausdruck „anisotrope Substanz“ so allgemein verständlich, dass es gerechtfertigt erschien, denselben ausschliesslich auf die Substanz der dunkeln Querbänder zu beziehen, wie es hier stets geschehen ist. Brücke deutete übrigens die Querlinien als Ausdruck von dünneren Schichten der eigentlichen anisotropen Substanz.

Kölliker (Nro. 75) beschrieb schon vor längeren Jahren die Querlinien in den Muskelkästchenreihen des Flusskrebses. Die betreffenden Abbildungen sind leicht zu deuten, wenn man die widerspruchsvollen Bilder mit dem Naturobject vergleicht. In *a* sind die Querlinien deutlich, die dunkeln Querbänder von den hellen aber nicht unterschieden. In *b* und *e* fehlen die Querlinien, die anisotrope Substanz ist von der isotropen gesondert. In *g* sind Querlinien, helle und dunkle Querbänder sichtbar; *c* und *d* stellen Fibrillen dar, in welche die Muskelkästchenreihen durch eine wie es scheint beim Krebs besonders leicht eintretende Coagulation der isotropen und Längsspaltung der anisotropen Substanz zerfallen. Die Disdiaklastengruppen isoliren sich schliesslich von selbst und entsprechen

natürlich den helleren Stellen von *a*, da in der letzteren Figur nur die dunkel erscheinenden Querlinien angegeben, die anisotrope von der isotropen Substanz aber wie gesagt nicht unterschieden ist. *f* sind Muskelprismen oder Stücke von solchen:

Frey (Nro. 56) fand in der halben Länge der helleren Zone noch einen dunkleren Querstreifen. Da hierbei Amici und Kölliker citirt werden, so beziehen sich die Beobachtungen Frey's vermuthlich ebenfalls hauptsächlich auf Wirbellose.

C. Glatte Muskelspindeln und Muskelcylinder der Wirbelthiere.

Vor einiger Zeit habe ich (Nro. 76) mitgetheilt, dass die glatten Muskelspindeln ebenfalls aus Muskelkästchen bestehen.

Untersucht man die Muskelhaut des Dünndarms oder Magens vom Schwein, Kaninchen etc. bei eben getödteten Thieren ohne Zusatzflüssigkeit mit starker, mindestens 600facher Vergrösserung, so zeigt sich Folgendes.

Auf feinen Längsschnitten kann man die einzelnen noch lebenden Muskelspindeln meistens nicht in ihrer ganzen Länge verfolgen. Man sieht aber sehr deutlich ihre seitlichen Contouren als dunkle Linien. Die Substanz der Spindeln ist hell, homogen oder sehr fein granulirt. Die Kerne sind schwächer lichtbrechend als die contractile Substanz, ebenfalls klar und enthalten ein Kernkörperchen.

Stellenweise wird die contractile Substanz der Quere nach durch eine zarte Querlinie (Fg. 20. *C. Q*) unterbrochen, die von der einen seitlichen Contour zur anderen hinüber läuft und ganz der Querlinie der quergestreiften Muskelspindeln gleicht. An ihrem rein queren Verlauf sind diese Querlinien leicht von elastischen Fasern zu unterscheiden, die zahlreich zwischen den glatten Muskelspindeln vorkommen. Die elastischen Fasern verlaufen spiralförmig; ihre Windungen kreuzen daher die Muskelspindeln in schräger Richtung. Die Querlinien haben beim Schwein 0,001 Mm. Dicke; ihr gegenseitiger Abstand beträgt 0,018; die Breite der glatten Muskelspindeln 0,005 Mm.

Untersucht man glatte Muskelspindeln aus dem unteren Theile des Oesophagus des Menschen einige Stunden nach dem Tode mit Wasserzusatz, so sind die Querlinien schon bei gewöhnlicher Vergrösserung deutlich sichtbar. Die glatten Muskelspindeln lassen sich unter diesen Umständen sehr leicht in ihrer ganzen Länge isoliren. Die contractile Substanz erscheint etwas undurchsichtiger als im ganz frischen Zustande ohne Zusatz; sie grenzt sich durch einen hellen Saum (Fg. 20. *A. Q*) von der anstossenden Querlinie ab. Letztere erscheint daher auf beiden Seiten von einem hellen Saume eingefasst, welcher offenbar der Muskelkästchenflüssigkeit oder isotropen Substanz der quergestreiften Muskel-

spindeln analog ist. Die Dicke der Querlinien beträgt 0,0015—0,0019; die Dicke eines jeden der beiden hellen Säume ist in der Längsrichtung der Muskelspindel auf 0,0012 Mm. anzusetzen. Nach diesen Beobachtungen ist der Schluss zu ziehen, dass die glatten Muskelspindeln ebenfalls aus Muskelkästchen bestehen. Die beschriebenen Linien erscheinen auf jedem beliebigen Längsschnitt, wenn derselbe nur fein genug ausgefallen ist. Sie sind daher als optischer Ausdruck von Membranen zu betrachten, welche Grundmembranen der Muskelkästchen genannt werden können.

Jede glatte Muskelspindel besteht nur aus einer einzigen Reihe von Muskelkästchen (Fg. 20. *A*). Sie ist daher analog einer Muskelkästchenreihe der quergestreiften Muskelspindeln. Der Abstand von je zwei Querlinien beträgt im Oesophagus des Menschen 0,015—0,038 Mm., während die Breite der glatten Muskelspindeln selbst auf 0,0019—0,0038 Mm. anzusetzen ist. Die Muskelkästchen der letzteren unterscheiden sich daher durch ihre viel bedeutenderen absoluten Dimensionen von den kleineren der quergestreiften Muskelspindeln.

Fg. 20.

Glatte Muskelspindeln mit Querlinien. *A* aus dem unteren Theile des Oesophagus vom Menschen, in Wasser isolirt. Vergr. 450. *Q* Querlinie an jeder Seite mit einem hellen Saume, welcher der Muskelkästchenflüssigkeit oder isotropen Substanz entspricht. *an* anisotrope Substanz, längsgestreift. *sk* Sarcolemkern. Die Muskelspindel besteht aus einer einzigen Reihe von 9 Muskelkästchen.
B Bruchstück einer solchen, ebendaher nach 24 stündigem Einlegen in Chlorwasserstoffsäure von 1 : 1000. *Q* Querlinie, etwas gebogen. *s* Sarcolem mit den Grundmembranen der Muskelkästchen zusammenhängend. *an* Durchsichtig gewordene anisotrope Substanz.
C Aus der Dünndarm-Muscularis vom Schwein, ganz frisch ohne Zusatz. Theile von zwei Muskelspindeln in situ. *s* Sarcolem. *Q* Querlinie. *an* anisotrope Substanz, ganz durchsichtig. Vergr. 800.

An den ohne Zusatz untersuchten Präparaten kann man nicht ermitteln, wie viel Muskelkästchen auf eine Muskelspindel zu rechnen sind, da man die letzteren ohne Beihülfe von Reagentien nicht wohl isoliren kann. Am Oesophagus des Menschen gelingt dies aber, wie gesagt, mit grosser Leichtigkeit zum Beispiel unter Zusatz von destillirtem Wasser. Auch erhalten sich die Querlinien in verdünnten Säuren, namentlich Chlorwasserstoffsäure, von der Concentration 1 : 1000. Am besten legt man daher das unterste Ende eines möglichst frischen Oesophagus vom Menschen 24 Stunden lang in das genannte Reagens. Es lassen sich dann die glatten Muskelspindeln

bequem von einander trennen, und in Wasser oder mit Zusatz der sehr verdünnten Chlorwasserstoffsäure untersuchen. Man zählt auf diese Art gewöhnlich 7—10 Muskelkästchen in jeder Spindel. Die Länge der aus 7 Muskelkästchen bestehenden Spindeln beträgt z. B. 0,17 Mm.; der aus 10 Kästchen bestehenden dagegen z. B. 0,23. Die absolute Länge der Kästchen ist mithin ziemlich constant; sie beträgt zwischen 0,023—0,024. Die contractile Substanz erscheint unter diesen Umständen durchsichtiger, die Querlinien deutlicher und dunkler als am frischen Präparat (Fg. 20. *B. Q*). Die an den äussersten Enden der Spindeln gelegenen Muskelkästchen sind dünner und meistens auch kürzer als die übrigen, die schmalsten nur 0,012 Mm. breit. Häufig findet sich eine Querlinie in der Gegend des Kernes der Muskelspindel. Dieselbe setzt sich an den letzteren, der mithin wandständig gelegen ist (Fg. 20. *A. sk*). In die Contour der Muskelspindel gehen an Salzsäure-Präparaten die Querlinien continuirlich über; man muss daraus schliessen, dass die Grundmembranen der Muskelkästchen mit der Umhüllungs-Membran ihrer Muskelspindel zusammenhängen resp. verwachsen sind. Die letzteren besitzen also ebensowohl ein Sarcolem, wie die quergestreiften Muskelspindeln. Da dasselbe dem Sarcolem der letzteren nicht gleichwerthig, sondern vielmehr den Seitenmembranen der Muskelkästchenreihen zu parallelisiren ist, so wird vielleicht der Ausdruck Myolem für die Umhüllungsmembran der glatten Muskelspindeln reservirt werden können. Um Verwirrung zu vermeiden, ist diese Unterscheidung im Ausdruck hier noch nicht durchgeführt worden.

Die Querlinien erhalten sich auch in Chromsäure-Lösung von 0,2 %, sowie nach mehrstündigem Einlegen in concentrirte Salpetersäure oder in solche von 20 % während einiger Tage.

An den in Chlorwasserstoffsäure von 1 : 1000 aufbewahrten Muskelspindeln sieht man häufig spiralige Windungen und Knickungen. Dieselben treten meist grade an den Stellen auf, wo die Querlinien liegen. Manchmal sind die Muskelspindeln an diesen Stellen gleichsam knotig angeschwollen, was auch an Salpetersäure-Präparaten häufig vorkommt. Oder es findet eine Einstülpung des Sarcolems der glatten Muskelspindel in sich selbst statt, wodurch bei unaufmerksamer Beobachtung der Anschein einer durch die ganze Dicke der Muskelspindel gehenden Scheidewand von bedeutenderem Durchmesser hervorgerufen werden kann. Oder die Querlinien erscheinen dicker als gewöhnlich oder stark gebogen, sogar geknickt (Fg. 20. *B. Q*). Ihr Dickerwerden geht Hand in Hand mit einer Verminderung des Dickendurchmessers der glatten Muskelspindel selbst, und ist wohl einfach als eine Elasticitäts-Aeusserung der Grundmembranen aufzufassen. Die geschilderten Umstände erschweren die richtige

Deutung der microscopischen Bilder und machen es begreiflich, dass die wahre Structur der glatten Muskelspindeln trotz der absoluten Grösse ihrer Muskelkästchen nicht leicht zu erkennen ist. Um Sicherheit zu erlangen, muss man daher isolirte glatte Muskelspindeln unter dem Microscop um ihre Längsaxe rotiren. Dabei bleiben die Querlinien unverändert, während die spiraligen Drehungen der Spindel selbst bei einer Rotation um 90^{0} ihr Ansehen wesentlich ändern, resp. sich im Profil oder auf die Fläche projiciren. Manchmal ist die Entscheidung ohne diese in anderen Fällen unerlässlichen Hülfsmittel leicht zu geben. Wenigstens leuchtet bei Betrachtung der Fg. 20 (*B. Q*) ein, dass eine derartig gebogene Querlinie weder auf eine Anschwellung, noch auf eine Biegung, spiralige Drehung oder Einstülpung der Muskelspindel selbst zurückgeführt werden kann, sondern ihren Sitz innerhalb der Muskelspindel selbst haben muss.

Was den Aufbau des glatten Muskelgewebes aus den bisher erörterten Spindeln anlangt, so besitzt das Kaninchen einen Muskel, welcher für das Studium dieses Gewebes überhaupt vortrefflich geeignet erscheint. Es ist der unpaare M. rectococcygeus (W. Krause, Nro. 77). Sein Ursprung befindet sich an der Vorderfläche des unteren Randes des zweiten Schwanzwirbels. Es ist ein langer, schmaler Muskel, z. B. 4 Cm. lang, 2 Mm. breit, durchscheinend. Derselbe läuft hinter dem Rectum aufwärts, und theilt sich in einen rechten und linken Schenkel. An der Theilungsstelle tritt ein weisser, vom Plexus mesentericus inferior abstammender Nervenzweig in den Muskel; letzterer inserirt sich an der hinteren Wand des Rectum.

Der M. rectococcygeus ist bei anderen Säugethieren, auch schon bei der Katze, viel stärker entwickelt, und stülpt z. B. beim Pferde die Rectum-Schleimhaut am Schluss der Koth-Entleerung nach aussen um. Beim Igel ist er ebenso wie beim Kaninchen beschaffen. Die Arterien kommen von der A. mesenterica inferior; die Venen gehen zu der gleichnamigen Vene; die Nerven stammen von zwei Hauptästen des erwähnten Nervenstammes, in welche sich letzterer vor seinem Eintritte in den Muskel theilt.

Beim Kaninchen präparirt man den M. rectococcygeus am besten auf folgende Art. Schnitt mit dem Scalpell in der Medianlinie durch die Bauchhaut von der Symphysis pubis beginnend bis zum Nabel. Durchschneidung der Bauchwand in der Linea alba. Abtrennung der neben der Symphysis pubis entspringenden Oberschenkelmuskeln vom Knochen. Durchschneidung der Corpora cavernosa penis resp. clitoridis mit der Scheere. Ablösung der Haut und Gl. analis vom unteren Ende des Rectum, Durchschneidung der Rami horizontales und descendentes oss.

pubis mit der Knochenscheere, Herausnahme dieser Knochen sammt der Symphyse. Ablösung der Harnblase von ihren hinteren Befestigungen und Herausnahme derselben. Reinigung des Rectum mittelst Schwamm von Blut und Harn, quere Durchschneidung desselben nahe an seinem unteren Ende. Nun zieht man das abgelöste Ende des Rectum mit der Pincette nach vorn, wobei sich der M. rectococcygeus spannt. Man befreit den letzteren mit einer feinen Scheere von Bindegewebe, vom M. levator ani, sowie von den in der Nachbarschaft verlaufenden Nervenstämmchen und verfolgt seine beiden Schenkel so weit nach oben, bis sie mit der Musculatur des Rectum verschmelzen. An dieser Stelle und dann auch an seinem Ursprunge schneidet man den isolirten Muskel ab.

Am M. rectococcygeus bleiben nach Einlegen in verdünnte Ueberosmiumsäure die Querlinien der glatten Muskelspindeln erhalten. Macht man am frischen gefrorenen Muskel feine Querschnitte, so zeigt sich, dass derselbe aus Bündeln von polygonaler meist fünfseitiger Form besteht, die durch Bindegewebe getrennt werden. Sie haben eine ziemlich constante Grösse und werden auf dem Längsschnitt von parallelen Linien begrenzt.

Nach dem früher Gesagten sind die glatten Muskelspindeln einfache Längsreihen von Muskelkästchen. Daher müssen nicht die ersteren, sondern die primitiven Bündel, zu denen sie angeordnet sind, den quergestreiften Muskelspindeln der Wirbelthiere, resp. den quergestreiften Muskelcylindern der Insecten parallelisirt werden. Der Analogie nach sollen die eben beschriebenen primitiven Bündel von glatten Muskelspindeln als g l a t t e M u s k e l c y l i n d e r bezeichnet werden, obgleich letztere eine nicht genau cylindrische, sondern meistens eine mehrseitig prismatische Form aufweisen. Jedenfalls sind sie als constante Form-Elemente der glatten Musculatur besonders zu unterscheiden.

Bequemer als am gefrorenen untersucht man sie an dem getrockneten M. rectococcygeus. In Wasser wieder aufgeweichte Querschnitte zeigen die geschilderten polygonalen Figuren von 0,03 — 00,6 Mm. Durchmesser. Ihre Länge scheint der des ganzen M. rectococcygeus gleichzukommen. Da die einzelne glatte Muskelspindel unter diesen Umständen etwa 0,004 Mm. Dicke hat, so werden ca. 60—250 derselben auf jedem Querdurchmesser eines glatten Muskelcylinders vorhanden sein.

In der That findet man an dem getrockneten oder gefrorenen Muskel im Inneren eines jeden Muskelcylinder-Querschnitts ein zartes Netz dunkler Linien, die polygonale Figuren bilden. Die contractile Substanz erscheint hell; die dunkeln Linien sind die Querschnitte der Umhüllungs-Membranen der glatten Muskelspindeln und das Bild stellt in grösserem Massstabe eine getreue Copie des Querschnitts einer frischen quer-

gestreiften Muskelspindel dar. Das Netz von dunkeln Linien im Inneren der glatten Muskelcylinder-Querschnitte ist analog dem Mosaik von Muskelkästchen oder den Kölliker'schen Feldern auf dem Querschnitt der quergestreiften Muskelspindeln. Nach Essigsäure-Zusatz bleibt die Erscheinungsweise dieselbe; nur erblassen die dunkeln Linien und dafür treten die Querschnitte der Sarcolem-Kerne als rundliche Körper hervor. Die Kerne sind viel weniger zahlreich (10—30), als die glatten Muskelspindeln selbst, weil letztere selbstverständlich nicht auf jedem Querschnitt den in der Mitte ihrer Länge gelegenen Kern zeigen können. Da die Kerne wandständig gelegen sind, so dürften sie den Kernen der quergestreiften Muskelfasern zu parallelisiren sein.

Ein weiterer Beweis für die Analogie der glatten Muskelcylinder mit den genannten Form-Elementen der quergestreiften Muskeln, wird sich vielleicht aus der Nerven-Vertheilung an denselben hernehmen lassen. Im M. rectococcygeus bilden die eintretenden Nervenäste einen reichhaltigen Plexus, der viele doppeltcontourirte neben blassen Nervenfasern und Ganglien enthält. Erstere zeigen häufig wiederholte Theilungen. Der genannte Muskel zeichnet sich also in seltener Weise dadurch aus, dass derselbe, obwohl aus glatten Muskelfasern bestehend, von doppelt contourirten Nervenfasern versorgt wird, die unzweifelhaft motorischer Natur sind. Durch Ueberosmiumsäure und Goldchlorid lassen sie sich leicht färben; indessen werden durch Goldchlorid auch die elastischen Fasern dunkel gefärbt. Vor einer Verwechslung derselben mit blassen Nervenfasern an anderen Stellen ist daher besonders zu warnen; im glatten Muskelgewebe sind sie leicht durch ihren Verlauf zu unterscheiden. Die Endigungspunkte der doppeltcontourirten Nervenfasern würden sich, falls es darauf ankäme, mit Hülfe von Natron bequem zählen lassen. Sie sind sparsam, und wahrscheinlich steht jeder glatte Muskelcylinder nur mit einer zugehörigen Nervenfaser in Berührung. An der Endigungsstelle sind mehrere ovale Kerne vorhanden, die als einer motorischen Endplatte angehörig (S. Nro. 77) gedeutet werden können.

Von den oben geschilderten Querlinien unterscheiden sich sehr wesentlich verschiedene Arten von Querstreifung der glatten Muskelspindeln, die von früheren Beobachtern wahrgenommen sind; sich übrigens auch auf unter sich ganz differente Dinge beziehen.

Erstens hat C. Krause (Nro. 78) angegeben, dass bei beginnender Fäulniss die glatten Muskelspindeln knotig werden, unregelmässig ge-

gliedert oder gewunden und stellenweise dünner erscheinen. Eine gute Abbildung der Anschwellungen gab z. B. Carpenter (Nro. 79. 1846). Ebenfalls beschrieb Kölliker (Nr. 80) knotige Anschwellungen und spiralige Drehungen an isolirten glatten Muskelspindeln, die sich in unregelmässigen Abständen von einander wiederholen. Aehnliche knotige Verdickungen constatirte u. And. G. Wagener (Nro. 81) an glatten Muskelspindeln von Wirbelthieren und aus dem Hautmuskelschlauche einer Nemertine.

Zweitens beobachtete Meissner (Nro. 82) eine regelmässige sehr feine Querstreifung an glatten Muskelspindeln, die nur an Einer Seite derselben vorhanden war und auf der Profilansicht Einkerbungen bedingte. Dieselbe Erscheinung hat G. Wagener (Nro. 83) abgebildet.

Drittens beschrieb Heidenhain (Nro. 84) eine nach dem Tode eintretende Gerinnung des Inhalts der glatten Muskelspindeln, wodurch sie ein quergestreiftes Ansehen erhalten. Die Substanz zerfällt in quer oder schräg gestellte dunklere und hellere Streifen. Henle (Nro. 85) hat diese Querstreifung irrthümlicherweise mit den von ihm (Nro. 86) früher beschriebenen Veränderungen zusammengeworfen. Aber seine zuletzt erwähnte Beschreibung lautet dahin, dass die glatten Muskelspindeln der Säugethiere oft undeutlich punktirt und wie mit dunkeln queren Körnchen besetzt seien, welches Verhalten nur von unregelmässigen Kräuselungen herrühre und durch Druck und Essigsäure verschwinde. Hiernach kann die von Henle beschriebene Querstreifung nicht mit der Heidenhain'schen identisch sein. Die Henle'sche hat auch G. Wagener (Nro. 87) erwähnt.

Alle diese Querstreifungen haben nichts mit den oben beschriebenen Querlinien gemeinsam, die viel zarter sind. Die Henle'schen Kräuselungen und wellenförmigen Biegungen sind analog den Zickzackbiegungen der quergestreiften Muskelspindeln, welche Prévost und Dumas für Contractions-Erscheinungen genommen haben. Die Meissner'sche Querstreifung ist Ausdruck der Contraction der glatten Muskelspindel; sie entspricht den Querrunzeln des Sarcolems der quergestreiften Spindeln. Die Heidenhain'sche Gerinnung tritt erst einige Zeit nach dem Tode ein und ist daher leicht von den Querlinien der noch zuckungsfähigen glatten Muskelspindeln zu unterscheiden. Die knotigen Anschwellungen, welche so oft gerade an den Stellen erscheinen, wo die Querlinien sich befinden, sind auf die durch das Vorhandensein von quergestellten Grundmembranen bedingte grössere Resistenz der Muskelspindel an den betreffenden Stellen gegen mechanischen Zug zurückzuführen. Was man im speciellen Fall vor sich hat, muss mit Hülfe der Rotation isolirter Mus-

kelspindeln unter dem Microscop und möglichst starken Vergrösserungen ermittelt werden.

Nach dem Mitgetheilten ist die oft gesuchte Analogie im Bau der quergestreiften und glatten Muskelspindeln auf das Bestimmteste nachgewiesen. In physiologischer Hinsicht dürfte sich der Hauptunterschied folgendermassen formuliren lassen. Die gleiche Masse contractiler Substanz zeigt sich in der quergestreiften Muskelspindel in kleinern Abtheilungen gesondert, als in der glatten. (S. unten Physiologisches.) Die quergestreiften Elemente sind auch in dieser Beziehung die feiner organisirten.

II. Die motorischen Endplatten.*

Alle quergestreiften Muskelfasern stehen mit ihren zugehörigen Nervenfibrillen durch motorische Endplatten (plaque nerveuse terminale, motorial plate, placca motrice, lamina nervorum terminalis motoria), wie sie von mir im Gegensatz zu den electrischen Endplatten der Zitterfische genannt worden sind, in Verbindung. Jede quergestreifte Muskelspindel der Wirbelthiere erhält nur Eine Endplatte ungefähr in der Mitte ihrer Länge; die quergestreiften Muskelcylinder der Wirbellosen dagegen sind mit mehreren motorischen Endplatten versehen.

A. Motorische Endplatten der Wirbelthiere.

1. Motorische Endplatten der Säuger.

Felis catus domesticus.

In keinem Muskel eines Säugers, soviel bisher bekannt geworden, sind die doppeltcontourirten Nervenfasern leichter bis zu ihren zugehörigen Endplatten zu verfolgen, als im M. retractor bulbi der Katze. Da die quergestreiften Muskelspindeln dieses Thieres sich zugleich durch eine grössere Resistenz und wie es scheint eine etwas bedeutendere Dicke ihres Sarcolems, sowie der Grundmembranen ihrer Muskelfächer z. B. vor den Muskeln des Kaninchens auszeichnen, so bietet der genannte Muskel auch für alle den feineren Bau der motorischen Endplatten betreffenden Untersuchungen eines der bequemsten Objecte dar. Die ganze

* Die in Klammern gesetzten Nro., welche in diesem IIten Abschnitt vorkommen, beziehen sich auf das im IVten Abschnitt enthaltene Literaturverzeichniss E. über die Nervenendigung im Muskel.

Lehre von der Nerven-Endigung im Muskel, wie sie hier gegeben worden ist, basirt daher vorzugsweise auf dem Studium dieses bequem zugänglichen Objects.

Bekanntlich zerfällt der M. retractor bulbi der Katze in vier Portionen, welche auf 15—25 Mm. Länge 3—5 Mm. Breite und 0,5—1 Mm. Dicke besitzen. Dieselben entspringen gemeinschaftlich vom Rande des Foramen opticum, verlaufen den N. opticus umschliessend ungefähr parallel den geraden Augenmuskeln nach vorn, um sich hinter denselben an die Sclerotica mit breiten, Membran-ähnlichen Sehnen zu inseriren. Mit Nerven wird der Muskel von einem 0,3 Mm. messenden Aste des N. abducens versorgt.

Bei jedem der vier Muskelbündel tritt, wie man am besten an Präparaten sieht, die in verdünnter Essigsäure (Fg. 21) gelegen haben, ein einfaches oder getheiltes Nerven-Stämmchen von 0,1—0,15 Mm. Durchmesser in dem hintersten Viertel der Länge des Muskels ein, und verästelt sich in dem zweiten Viertel, vom Ursprunge des Muskels an gerechnet, bis zur geometrischen Mitte desselben mit Zweigen, die noch dem blossen Auge sichtbar sind. Gewöhnlich laufen zwei solcher Aeste in 1—2 Mm. Abstand und einander parallel geradlinig oder ein wenig gebogen nach vorn. Sie lösen sich durch fortwährende Abgabe von Aesten in immer feinere Zweige auf (Fg. 22), unter denen allseitige Anastomosen stattfinden. An den Aesten, welche noch etwa 4—6 Primitivfasern führen, kann man öfters den Uebergang von bogenförmig verlaufenden, isolirten Nervenfibrillen von einem Stämmchen zum anderen verfolgen. Dieses sind die seit Valentin (1836) so oft beschriebenen Endschlingen, welche allerdings vorhanden sind, aber nicht die letzten Endigungen darstellen (Fg. 23). In den Plexus finden sich vielfache Theilungen, meist dichotomischer Art. Stets sind die Enden der sich theilenden Faser zugespitzt, ohne jedoch ihr Mark ganz zu verlieren, welches am frisch und ohne Zusatz oder Druck untersuchten Muskel als zarte doppelte Contour erkennbar ist (Fg. 25). Wie bei den einfach sensiblen Nerven entsteht der Anschein, als ob ein nackter Axencylinder allein die Verbindung an der Theilungsstelle herstelle, nur dann, wenn man nicht unter den günstigsten Umständen untersucht oder Reagentien anwendet.

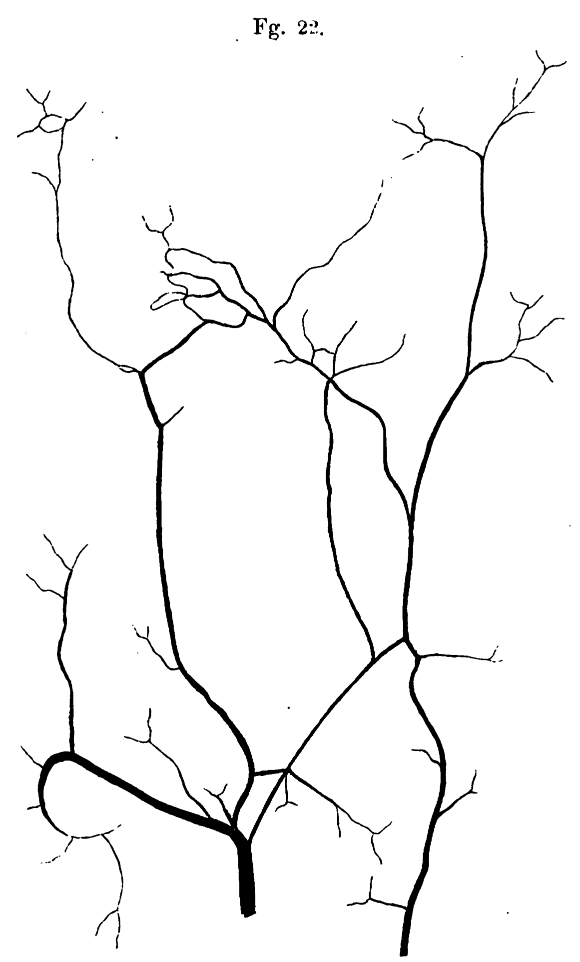
Fg. 21.



Eines der vier Muskelbündel aus denen der M. retractor bulbi der Katze zusammengesetzt ist, nach Einlegen in Essigsäure von 25 %. Vergr. 2. *N* Eintretende Nervenstämme.

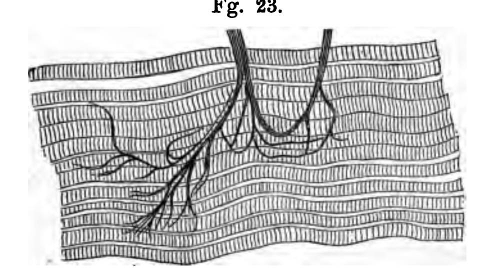
Aus den feinsten Plexus treten fortwährend einzeln verlaufende Primitivfasern aus, welche sich ebenfalls häufig theilen. Bei der ganzen

Fg. 22.



Die Nervenverbreitung in den beiden mittleren Vierteln der Länge eines solchen Muskelbündels (Fg. 21), welches in Chlorwasserstoffsäure von 0,2 % gelegen hatte; bei 15facher Vergrösserung. Die Muskelspindeln sind nicht angegeben, sie verlaufen parallel der Längsrichtung der Nervenstämme.

Fg. 23.



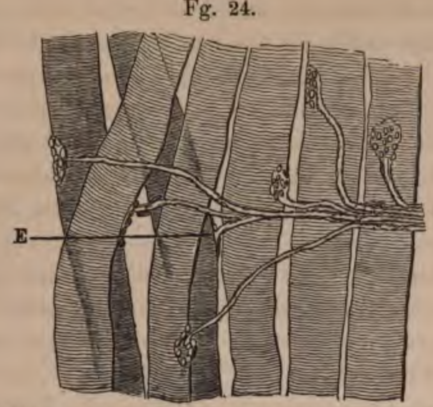
Nervenverbreitung in einem Abschnitt desselben Muskels, frisch mit Natronzusatz. Vergr. 50. Die Nerven bilden zahlreiche Plexus, früher sogenannte Endschlingen.

Ausbreitung ist der verhältnissmässig kurze, gestreckte und mit den Muskelspindeln sich rechtwinklig kreuzende Verlauf der Stämmchen, sowie der meisten isolirten Primitivfasern characteristisch (Fg. 24), im Gegensatz zu den mannigfaltigen Umwegen der sensiblen Nerven in den Schleimhäuten. Die einzeln verlaufenden Primitivfasern, sowie ihre Aeste haben auch meist nur eine sehr unbedeutende Länge (z. B. 0,3 Mm.) im Vergleich zu den 3—4 Mm. langen Fasern, die man in der Conjunctiva bulbi zuweilen verfolgen kann.

Die Durchmesser der anfangs breiten Primitivfasern nehmen gegen das Ende derselben immer mehr ab. Schliesslich spitzt sich die Primitivfaser fein zu, gerade wie bei einer Theilungsstelle. Das zugespitzte Ende liegt dem Sarcolem unmittelbar auf, und wurde lange Zeit für das wirkliche „freie“ Ende derselben gehalten.

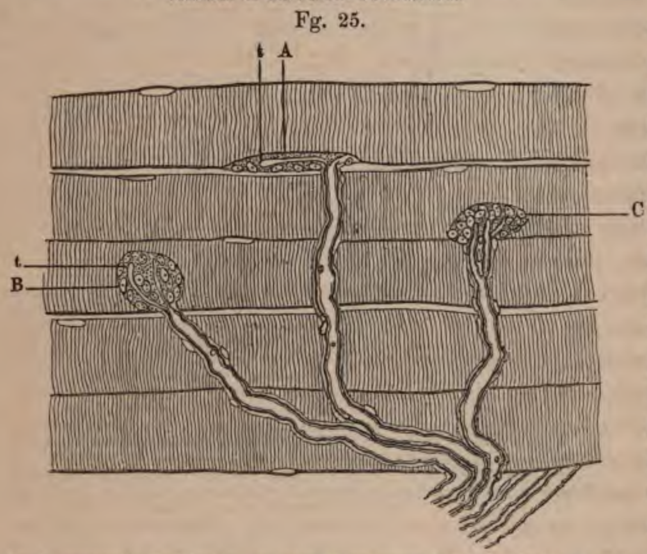
In Wahrheit tritt jede Nervenfaser an

Fg. 24.



Sieben Endplatten mit welchen sich ein Nervenstämmchen an ebenso viele Muskelspindeln vertheilt. Aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in Essigsäure von 1%. Vergrösserung 200. Die Kerne des Sarcolems und der Capillargefässe sind weggelassen. *E* Endplatte mit centraler Insertion der Nervenfaser in der reinen Profilansicht.

Fg. 25.



Drei motorische Endplatten aus dem M. retractor bulbi der Katze, ganz frisch, ohne Zusatz. Die Querstreifung der Muskelspindeln ist schematisch gehalten. Vergr. 300. *A* Ziemlich reine Profilansicht. Der Rand des Sarcolems ist feingezähnelt an der Stelle, wo die Endplatte anliegt. *B* Reine Flächenansicht; die Nervenfibrille tritt am peripherischen Rande in die Endplatte ein. *C* Profilansicht, während der Focus auf die Endplatte, welche die oben gelegene Hälfte der Muskelspindel umgreift, eingestellt ist. Die Nervenfaser theilt sich in zwei doppeltcontourirte Aeste, welche nach ihrem Eintritt in die Platte in blasse Terminalfasern übergehen. *t* Knopfförmiges Ende der aus dichotomischer Theilung hervorgegangenen blassen Terminalfaser.

dieser zugespitzten Stelle in einen flächenhaft ausgebreiteten Apparat: die motorische Endplatte. Innerhalb derselben theilt sie sich, wie unten gezeigt werden wird, in blasse Aeste, und insofern kann jene Einschnürung als letzte Theilungsstelle bezeichnet werden.

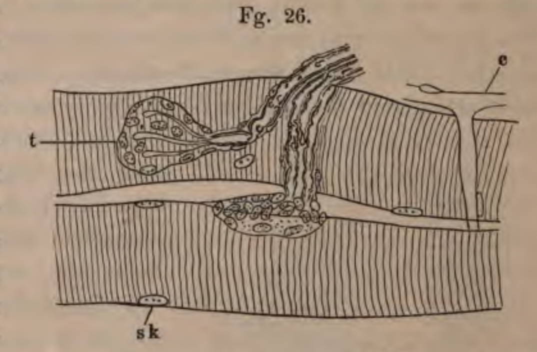
Bis zu derselben wird jede doppeltcontourirte Nervenfaser von einem kernhaltigen Neurilem begleitet. Daselbst geht letzteres in eine structurlose Membran: die Bindegewebsmembran der Endplatte über (Fg. 25. *A*). An der dem Sarcolem zugekehrten Innenfläche dieser Bindegewebsmembran zeigen sich zahlreiche (8—20) Kerne, die als Kerne der Endplatte bezeichnet werden; zuweilen sind letztere auch in die Dicke der Bindegewebsmembran eingebettet. Die Membran liegt mit ihren peripherischen Rändern dem Sarcolem der betreffenden quergestreiften Muskelspindel unmittelbar auf. Die Kerne sind von seitlich-abgeplattet-

eiförmiger Gestalt; sie unterscheiden sich in Nichts von Kernen des Neurilems. Dieselben stellen sich im ganz frischen Zustande als mattglänzende Bläschen mit einem oder zwei sehr glänzenden Kernkörperchen dar (Fg. 25). Später trüben sie sich und durch verdünnte Säuren treten in dem Inhalt Gerinnungen ein, welche zu den allermannigfaltigsten Aneinander-Reihungen von Körnchen führen; es entstehen daraus feinste, gerade und gekrümmte Linien etc., welche zu wunderbaren Deutungen Veranlassung geben können.

In Muskeln, die kurze Zeit mit Essig gekocht wurden, sind die Kerne ebenfalls deutlich. Dagegen erblassen sie durch Natron-Zusatz und nur bei sehr verdünnten Lösungen sind sie im ersten Anfange als zarte, röthlichglänzende Bläschen erkennbar.

Die Nervenfaser zeigt nach ihrem Eintritt in die Endplatte ein verschiedenes Verhalten. Dieselbe kann, indem sie schmaler wird und sich zuspitzt, in eine einfache, blasscontourirte Terminalfaser übergehen. Oder sie theilt sich dichotomisch resp. trichotomisch (Fg. 26) in solche Fasern; nur einmal habe ich eine vierfache Theilung mit Sicherheit beobachtet. Oder die Theilungsstelle liegt ein wenig rückwärts von der Eintrittsstelle der Nervenfaser in die Endplatte, und zwei doppeltcontourirte, aber feiner gewordene Fibrillen treten zusammen in die letztere und werden sogleich zu blassen Fasern (Fg. 25. *C*). Dieselben sind abgeplattet, und nicht als marklose Axencylinder zu betrachten. Vielmehr verhalten sie sich morphologisch wie die Terminalfasern in den terminalen Körperchen, sie zeigen bei starken Vergrösserungen ausserordentlich feine, dunklere Begrenzungslinien und bestehen ebenfalls aus einem eiweissähnlichen Körper und etwas Fett. Verfolgt man unter dem Microscop die dunkelrandige Faser, so sieht man im ganz frischen Zustande ihre blassen, kurzen Endäste in eine ganz ähnliche, anscheinend feinkörnige Masse eingelagert, wie sie in den Tastkörperchen und Endkolben das Nervenende

Fg. 26.

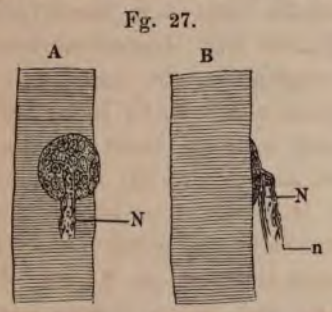


Abschnitt aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in 1%ige Essigsäure. Vergr. 300. Die Muskelspindeln sind abgeplattet, daher scheinbar breiter geworden; sie zeigen Querlinien. Die feinkörnige Substanz der Endplatten hat sich aufgeklärt und zeigt nur noch sparsame Fettkörnchen. Der Inhalt der Kerne ist coagulirt und körnig. *sk* Sarcolemkern. *t* Endplatte in reiner Flächenansicht mit trichotomischer Theilung der eintretenden Nervenfibrille in drei blasse Terminalfasern (erster Ordnung). Die Platte ist aufgequollen; ihre Form unregelmässig geworden. Die andere Endplatte erscheint in halber Profilansicht, die wegen der Abplattung der Muskelspindeln zugleich Flächenansicht ist; so erscheinen die Endplatten meistens in Präparaten, die in verdünnten Säuren gelegen haben. Das Sarcolem setzt sich unter der Endplatte fort. *c* Capillargefäss mit Kernen.

umgibt. Auch hier findet sich zuletzt eine knopf- oder kolbenförmige Endanschwellung der blassen Terminalfaser (Fg. 25 *t*), die jedoch nicht immer vorhanden ist.

Die scheinbar feinkörnige Masse erblasst durch Essigsäure oder Natron zum grössten Theile. Einige sparsame, etwas grössere, durch die genannten Reagentien nicht veränderliche Körnchen (Fg. 26) bleiben übrig, die nach ihrem Lichtbrechungsvermögen zu urtheilen Fett sind. Die anscheinend feinkörnige Substanz liegt wie eine dünne Haut zwischen der Bindegewebsmembran der Endplatte und dem Sarcolem. Auf der Profilanlsicht sieht letzteres öfters feingezähnelt aus, und es ist die dem Sarcolem zugekehrte Fläche der feinkörnigen Masse nicht glatt, sondern mit feinsten Hügeln besetzt (Fg. 25). Die beschriebene Fläche wird als B a s i s oder Grundfläche der motorischen Endplatte bezeichnet; im Gegensatz zur von der Bindegewebsmembran der letzteren gebildeten Oberfläche. Die scheinbar feinkörnige Masse enthält niemals Kerne, welche vielmehr ausschliesslich der Bindegewebsmembran der Endplatte angehören. Die Endplatten sind beinahe kreisförmige, sehr dünne Scheiben, oder manchmal von etwas ovaler Form (Fg. 25. *B*), und sie umgreifen einen beträchtlichen Bruchtheil des Umfanges der Muskelfasern. Die doppeltcontourirte Primitivfaser kann nun entweder nahe dem Centrum der Endplatte in letztere eintreten (Fg. 27. *B*), oder seitlich am Rande derselben. Im letzteren Falle divergiren die blassen Terminalfasern unter einem meist sehr spitzen Winkel (Fg. 25. *B*), im ersteren Falle können sie nach beinahe entgegengesetzten Richtungen (Fg. 25. *A*) verlaufen. In seltenen Fällen kann eine Nervenfaser sich in zwei kurze, feine, doppeltcontourirte Fasern theilen, die in zwei seitlich miteinander verschmolzene Endplatten übergehen; man kann dann ebensogut eine einfache Endplatte annehmen, die doppelt so lang als breit ist.

Fg. 27.



Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze nach mehrtägigem Einlegen in doppeltchromsaures Kali von 2% durch Zerfasern isolirt. *A* Flächenansicht, die Endplatte ist etwas in ihrem Durchmesser geschrumpft, genau kreisrund, die Kerne stehen sehr nahe beisammen; der Inhalt der in das Centrum der Platte eintretenden noch anhaftenden Nervenfaser ist krümlich geronnen; ebenso der Inhalt der Kerne. Das Sarcolem setzt sich unter der Endplatte fort. *B* Profilansicht derselben Endplatte, nachdem die Muskelspindel durch Verschieben des Deckgläschens um ihre Längsaxe rotirt war. Das Sarcolem setzt sich unter der Stelle fort, wo die Endplatte aufliegt. *N* Nervenfaser. *n* Neurilem.

Die U n t e r s u c h u n g der Nervenverbreitung in dem M. retractor bulbi geschieht am besten am Muskel, der von einer so eben getödteten Katze genommen ist. Die Methode basirt auf der Erfahrung, dass Theile des thierischen Körpers, welche im Leben einen hohen Grad von Durchsichtigkeit besitzen, dieselbe bald nach dem Tode durch feinmole-

culare Trübung ihres Saftes einbüssen, z. B. Epithelialzellen, dünne Bindegewebsmembranen, quergestreifte Muskelfasern etc. Um diese am Epithelialblatt der Cornea auch den Laien seit Jahrtausenden bekannte Thatsache für die Verfolgung doppeltcontourirter Nervenfasern, ohne Zusatz zu dem Präparat, zu verwerthen, bedarf es der Auswahl eines im Leben hinlänglich durchsichtigen Objectes, welches zugleich viele Nerven-Endigungen enthält. Im M. retractor bulbi finden sich die letzteren am dichtesten in den beiden mittleren Vierteln der Länge des Muskels. Nach Eröffnung der Schädelhöhle und des Augenhöhlendaches mit Säge oder Meissel, präparirt man den M. retractor vom Binde- und Fettgewebe frei, und spaltet ihn durch Scheerenschnitte parallel seiner Längsrichtung in zwei oder mehrere Bündel. Dann macht man mit einer spitzen, sehr scharfen Scheere einen feinsten Abschnitt senkrecht auf die Flächen-Ausbreitung des Muskels und selbstverständlich parallel seiner Faserrichtung. Das hinlänglich durchsichtige, mehrere Millimeter lange Stückchen des mittleren Theils des Muskels wird flach ausgebreitet auf den Objectträger gebracht, und ohne irgend einen Zusatz mit einem Stückchen eines dünnsten Deckgläschens bedeckt. Nöthigenfalls stellt man durch sehr gelinden Druck mit der Nadel eine ebene Fläche her. Irgend stärkerer Druck muss auf's Sorgfältigste vermieden werden, um die cylindrischen Muskelfasern nicht abzuplatten. Bei dem ganzen Verfahren ist dieselbe Sorgfalt der Schnittführung anzuwenden, wie man sie sonst für Darstellung feiner Gangliennerven-Präparate etc. anwendet. Mit dem planlosen Abschneiden irgend eines Fetzens von Muskelsubstanz kommt man ebensowenig oder höchstens durch Zufall zum Ziele, als wenn man z. B. zur Untersuchung auf Endkolben eine Conjunctivafalte an Augen, die beim Fleischer für frischgeschlachtet gelten, mit einer Cooper'schen Scheere ausschneiden wollte. Ist bei der Präparation des Muskels die erforderliche Vorsicht beobachtet, so erscheinen die Muskelspindeln deutlich quergestreift, mit Querlinien, dunkeln Querbändern und glashell durchsichtiger Muskelkästchenflüssigkeit. Die von den Seitenmembranen der Muskelkästchen abhängige Längsstreifung ist nur bei sehr starken Vergrösserungen zu bemerken. Undurchsichtigere, durch Verletzung entstandene, todtenstarre Stellen fehlen. Die Nervenfasern zeigen parallele doppelte Contouren, indem die Scheidung in Mark und Axencylinder noch nicht eingetreten ist (Fg. 25). Die Muskelfasern sind genau parallel gelagert ohne Knickungen und Biegungen. Wenn das Präparat die angegebenen Eigenschaften nicht besitzt, so spart man am meisten Zeit durch sofortiges Anfertigen eines neuen. Die Blutgefässe erscheinen halbgefüllt in zierlichen Netzen die Muskelspindeln umspinnend; handelt es sich um die Demonstration für Andere, so kann man, um jede Ver-

wechslung der Nerven-Endigungen mit Blutgefässen auszuschliessen, die Katzen unter einer Glasglocke mittelst Chloroform oder durch Erdrosselung tödten, wobei die Capillaren mit Blut gefüllt bleiben.

Wenn man die Endplatten in irgend einem Muskel aufsuchen will, dessen Nerven-Verlauf man noch nicht genau kennt, so ist es nothwendig die feinsten Nervenstämmchen mit Loupe und spitzen Scheeren auf die gewöhnliche Art zu präpariren. Da, wo man sie eben nicht mehr verfolgen kann, finden sich die microscopisch reichhaltigsten Nervenplexus nebst einzeln verlaufenden Fibrillen und Endplatten. In Anfang dieser Untersuchungen (1862) musste ich natürlich überall so verfahren. Auf solche Art kann man ebenfalls in den geraden und schiefen Augenmuskeln, sowie in Gesichtsmuskeln die Endplatten am frischen Präparat darstellen.

Wenn der Muskel nicht mehr warm ist, so sind die Schwierigkeiten der Nerven-Verfolgung grösser; man kann jedoch die Endplatten, falls man sie schon hinlänglich kennt, auch noch bis zum Eintritt der Todtenstarre am frischen Object nachweisen. Später wird es immer schwieriger und zuletzt unmöglich.

Die Untersuchung am frischen Präparat gestattet keine weitere Einsicht in den Bau der motorischen Endplatte und die Vertheilung der Nervenfasern an die einzelnen Muskelspindeln. Fernere Aufschlüsse sind jedoch durch anderweitige Hülfsmittel zu erhalten.

Chemische Einwirkungen.

In vielen Fällen vermag man am frischen Objecte nur eine oder die andere doppeltcontourirte Nervenfaser bis in die zugehörige Endplatte zu verfolgen. Durch geeignete Reagentien gelingt es aber, diese Endigung für ganze Gruppen von Fibrillen, die aus den geschilderten Nervenplexus austreten, zu constatiren. Dazu dient am besten verdünnte Essigsäure, die dem frischen Präparat zugesetzt wird. Mit derselben behandelte Objecte kann man unter Wasserzusatz einkitten und Monate lang aufheben.

Besser noch gelingt die Verfolgung ganzer Gruppen von Nervenfasern bis in die Endplatten an ganz frisch eingelegten Muskeln, die einen oder mehrere Tage in einer Flüssigkeit gelegen haben, welche 1—3 Procent reiner Essigsäure* enthält (Fg. 28). In diesen Lösungen verändern sich die Endplatten am wenigsten, die Nervenfasern und Terminalfasern bleiben deutlich, die Kerne des Neurilems und der Endplatten selbst sind in der

* Diese Methode wurde schon 1841 von Bruns (Nro. 10) empfohlen.

Fg. 28.

Sieben Endplatten, mit welchen sich ein Nervenstämmchen an eben so viele Spindeln des M. retractor bulbi vertheilt, nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in Essigsäure von 1 %. Vergr. 200. Die Kerne der Capillargefässe und des Sarcolems sind weggelassen. *E* Endplatte mit centraler Insertion der Nervenfaser in reiner Profilansicht.

Nachbarschaft der mit blossem Auge sichtbaren Nervenstämmchen mit grösster Leichtigkeit erkennbar. Die bisher feingranulirt aussehende Substanz wird blass oder verschwindet mit Ausnahme einiger Fetttröpfchen (S. 57. Fg. 26). Dennoch macht die Anwendung der 3 %igen Essigsäure die Untersuchung der Endplatten im M. retractor bulbi der Katze zu einer der leichtesten Aufgaben, die es auf dem Gebiete der Nerven-Endigungen gibt, sobald es sich nur um die Auffindung überhaupt handelt. Andere Concentrationen der Essigsäure (0,5 %, 25 %, 33 %, 50 %), die Moleschott'schen Essigsäure-Mischungen, ebenso Schwefelsäure (0,1 % einer Säure von 1,8 spec. Gew.), Chlorwasserstoffsäure von 0,1 bis 0,3 % etc. zeigen die Endplatten nicht ganz so gut. Indessen ist die Bindegewebsmembran gegen alle diese Einflüsse resistent und verhält sich darin ähnlich dem Sarcolem, ebenso bleiben die Kerne deutlich. Die verdünnten Säuren ermöglichen die Aufsuchung der Endplatten noch in Muskeln, die nach dem Tode durch Zersetzung sich getrübt haben. Chlorwasserstoffsäure in der angegebenen Verdünnung erleichtert die Uebersicht der gröberen Nerven-Vertheilung im Muskel bei schwachen Vergrösserungen am meisten.

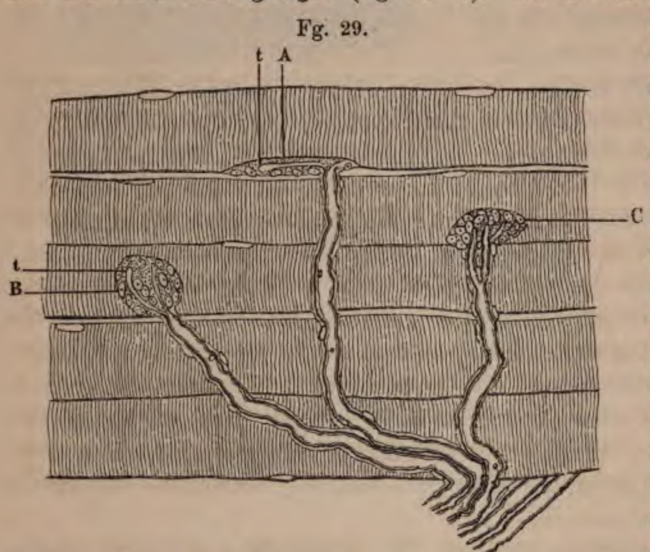
In doppeltchromsaurem Kali von 2 % bleiben die Endplatten erkennbar, obgleich die Verfolgung der Nerven sehr erschwert wird. Alkalische, auch ammoniakalische Lösungen sind nicht geeignet.

Da die Endplatte eine dünne Scheibe darstellt, wie aus der obigen Beschreibung hervorgeht, so versteht es sich von selbst, dass sie je nach ihrer verschiedenen Lage zur optischen Axe des Microscops ein sehr wechselndes Aussehen darbieten müssen. In der reinen Flächenansicht erscheint die Endplatte als ein Haufen von Kernen, zwischen denen die Terminalfasern liegen. Die doppeltcontourirte Nervenfaser hört entweder nahe dem Rande der Endplatte auf, oder sie ist bis zur Mitte derselben zu verfolgen (S. oben S. 58), je nachdem sie eine mehr centrale (Fg. 27. *A*. Fg. 28. *E*) oder peripherische Insertion hat. An Essigsäure-Präparaten erscheinen die Kerne weiter auseinandergerückt, die Bindegewebsmembran ist gequollen, die Form der Endplatten häufig mehr oval oder auch un-

regelmässig geworden, die Contouren der Platte sind sehr zart, aber deutlicher erkennbar als am ganz frischen Präparat. Bei der in doppeltchromsaurem Kali conservirten Platte ist die Form eine mehr kreisrunde, die Kerne stehen dichter als an dem ohne Zusatz untersuchten Präparat, der Durchmesser der Platte hat sich verkleinert.

Wie auch die Präparate dargestellt werden mögen, so zeigt sich nur selten eine reine Flächenansicht der Endplatten. Profilansichten sind häufig und auf denselben erscheint die Endplatte mitunter als flache Hervorwölbung des Sarcolems. In anderen Fällen ist die Durchschnittslinie der Bindegewebsmembran mehr oder weniger genau in der Richtung der Sarcolem-Linie gelegen (Fg. 29. *A*). Da die motorischen Endplatten das Sarcolem als eine Auflagerung auf dasselbe umgreifen, so erhält man am frischen Präparat bei verschiedener Focus-Einstellung entweder die reine Profilansicht oder man sieht einen Theil der Endplatte von der Fläche (Fg. 29. *C*). Diese Ansichten (Fg. 30) machen nun ganz den Eindruck, als ob die Nervenfasern mit einem knopfförmigen, aus Kernen zusammengesetzten Ende in's Innere der Muskelspindel hineinragten. Liegt die Endplatte unter dem Microscop auf der nach oben gekehrten Seite der cylindrischen Muskelspindel, so wird sie beim Senken des Focus zuerst deutlich, und erst bei weiterem Senken tritt die Querstreifung der letzteren zu Tage. Liegt dagegen die Endplatte unter der Muskelspindel, so erhält man ebenfalls, da die Querstreifen die Endplatte bedecken, sehr leicht den Eindruck, als ob die letztere im Inneren der Muskelspindel gelegen wäre. In noch höherem Grade wirken diese Täuschungen bei den in Essigsäure mace-

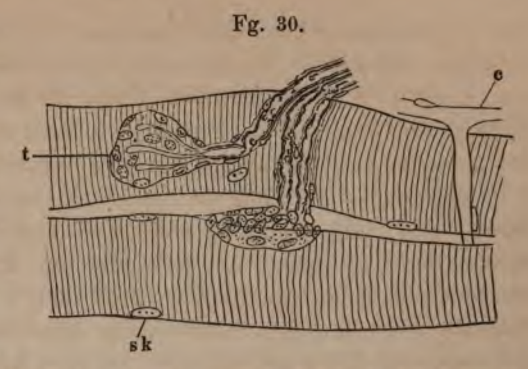
Fg. 29.



Drei Endplatten aus dem M. retractor bulbi, ganz frisch, ohne Zusatz. Die Querstreifung der Muskelspindel ist schematisch gehalten. Vergr. 300. *A* ziemlich reine Profilansicht. Der Rand des Sarcolems ist feingezähnelt an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt. *B* reine Flächenansicht; die Nervenfaser tritt am peripherischen Rande in die Endplatte ein. *C* halbe Profilansicht, während der Focus auf die Endplatte, welche die nach oben gelegene Hälfte der Muskelspindel umgreift, eingestellt ist. Die Nervenfaser theilt sich in zwei doppeltcontourirte Aeste, welche nach ihrem Eintritt in die Platte in blasse Terminalfasern übergehen. *t* knopfförmiges Ende der aus dichotomischer Theilung hervorgegangenen blassen Terminalfaser.

rirten Präparaten. Denn bei der Weichheit der Muskelsubstanz, die dadurch entsteht, ist es häufig unvermeidlich, dass die Muskelspindeln während der Manipulation anstatt ihrer cylindrischen Form eine abgeplattete annehmen. Dann werden die Focusänderungen, die nöthig sind, um die über oder unter der Muskelspindel gelegenen Endplatten sowie die Querlinien der ersteren zur Anschauung zu bringen, so gering, dass sie leicht durch Accommodation des beobachtenden Auges ersetzt werden. In den scheinbar besten Profilansichten die man an Säure-Präparaten zu finden glaubt, sieht es dann ganz so aus, als ob die Nervenfaser das Sarcolem durchbohre und die Endplatte an der Innenfläche des letzteren flach ausgebreitet sei, ähnlich wie ein platter Knopf, der in sein Knopfloch eingeknöpft ist. Diese Frage, ob die Endplatten innerhalb oder ausserhalb des Sarcolems liegen, ist eine keineswegs leicht zu entscheidende und es sind die Ergebnisse einer grossen Reihe von Untersuchungsmethoden dabei zu berücksichtigen.

Fg. 30.



Abschnitt aus dem M. retractor bulbi nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in 1%ige Essigsäure. Vergr. 300. Die Muskelspindeln sind abgeplattet, daher scheinbar breiter geworden; sie zeigen Querlinien. Die feinkörnige Substanz der Endplatten hat sich aufgeklärt, und zeigt nur noch sparsame Fettkörnchen. Der Inhalt der Kerne ist coagulirt und körnig. *sk* Sarcolemkern. *t* Endplatte in reiner Flächenansicht mit trichotomischer Theilung der eintretenden Nervenfibrille in drei blasse Terminalfasern (erster Ordnung). Die Platte ist aufgequollen; ihre Form unregelmässig geworden. Die andere Endplatte erscheint in halber Profilansicht, die wegen der Abplattung zugleich Flächenansicht ist; so erscheinen die Endplatten meistens in Präparaten, die in verdünnten Säuren gelegen haben. Das Sarcolem setzt sich unter der Endplatte fort. *c* Capillargefäss mit Kernen.

Liegen die Endplatten innerhalb des Sarcolems, so ist die bisher sogenannte Bindegewebsmembran in Wahrheit das Sarcolem. Zunächst ist daher zu untersuchen, ob diese Membran irgend welche chemische oder sonstigen Unterschiede von dem Sarcolem darbietet. Dies ist nun in der That der Fall.

Erstens ist die Bindegewebsmembran dünner als das schärfer contourirte, und daher wahrscheinlich stärker lichtbrechende Sarcolem. Die Differenz ist ohne Messung fast auffallender, als bei Anwendung des Micrometers, welches für die Bindegewebsmembran 0,0004 Mm. Dicke ergibt, während das Sarcolem 0,0005—0,0006 Mm. hat.

Zweitens enthält die Bindegewebsmembran zahlreiche Kerne, welche sich von den Sarcolemkernen durch geringere Länge, in der Flächenansicht mehr ovale, zugleich aber abgeplattete Form unterscheiden, während das Sarcolem an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, niemals auch nur

einen einzigen Kern darbietet. Die Kerne der Bindegewebsmembran stimmen wie gesagt mit denjenigen des Neurilems vollkommen überein.

Drittens verhält sich zwar die Bindegewebsmembran gegen sehr verdünnte Säuren ebenso resistent, wie das Sarcolem, aber nicht gegen Natron. Setzt man verdünnte Natronlauge dem frischen Präparat zu, oder übersättigt man ein solches, welches in verdünnten Säuren macerirt ist, mit derselben Natron-Lösung, so wird die Bindegewebsmembran ausserordentlich blass, wogegen das Sarcolem nur um so deutlicher hervortritt. Die Kerne der Bindegewebsmembran sind unter diesen Umständen anfangs noch zu erkennen; sie liegen ausserhalb des Sarcolems, falls man eine reine Profilansicht der Endplatte aufgefunden hat. Dabei ist aber vorausgesetzt, dass die Muskelspindeln ihre cylindrische Form bewahrt haben; jedenfalls dürfen sie nicht merklich abgeplattet sein. Die Untersuchung am frischen Präparat mit Natron-Zusatz ist für sich allein schon vollkommen entscheidend; sie setzt aber grosse Vertrautheit mit dem Gegenstande voraus, und kann in vielen Fällen misslingen. Wenn man nämlich die wahre Contour des Sarcolems bei Natronzusatz nicht deutlich nach innen gelegen findet von der vorher gewöhnlich allein sichtbaren äusseren Contour, d. h. der Bindegewebsmembran der Endplatte, so kann das zufällig sein. Entweder stand keine nur annähernd reine Profilansicht bei dem Versuch zu Gebote. Oder es können Lageveränderungen der Muskelfasern, Zerrungen an der Nervenfaser in Folge des Natronzusatzes, endlich Rupturen des Sarcolems daran Schuld sein.

Den bisher erörterten Differenzen sind noch andere aus der Untersuchung isolirter Muskelspindeln entnommene hinzuzufügen, worüber auf den betreffenden Abschnitt unten verwiesen werden muss.

Die Hauptschwierigkeit liegt in dem Umstande, dass die Endplatten sehr dünn sind. Ihre Dicke ist im Centrum der Platte am grössten, und nimmt nach den Rändern hin ab. Sie beträgt nicht mehr als 0,0006—0,0008 Mm. In den meisten scheinbaren Profilansichten (z. B. S. 26. Fg. 29. *A*) ist folglich gar nicht die wahre Dicke der Platte sichtbar, und manche Beobachter sind daher in den Irrthum verfallen, zu glauben, die Endplatten wären bald dünner, bald dicker oder mehr hügelförmig. Dieser Umstand ist bei den Angaben anderer Beobachter, wie sie in der Tabelle (S. Abschnitt IV. E) registrirt werden mussten, wohl zu berücksichtigen. Viele haben gar nicht die wahre Dicke der Endplatten gemessen, welche sich in der That viel geringer (Fg. 31) herausstellt, als sie gewöhnlich erscheint. Dieser unbedeutende Durchmesser vermehrt seinerseits die Hindernisse zu bestimmen, ob die Endplatte ausserhalb oder innerhalb des Sarcolems liegt. Dazu kommt noch eine eigenthümliche Schwierigkeit. Die Endplatte ist mit dem Sarcolem verwachsen.

Die von einem benachbarten Stämmchen sich abzweigende zugehörige Nervenfaser zerrt am Sarcolem mittelst der daran festhaftenden Platte, sobald irgend ein Zug stattfindet, der die Muskelspindeln aus ihrer Lage zu bringen strebt. Eine solche Zugkraft ist stets vorhanden, wenn man verdünnte Säuren anwendet, wegen der dadurch bedingten Aufquellung des zwischen den Muskelspindeln befindlichen Bindegewebes. Die Muskelspindel selbst aber stellt einen Schlauch dar, der sehr leicht Form-Aenderungen eingeht. Wenn sie auch nicht einfach als ein mit Flüssigkeit gefülltes Rohr zu betrachten, sondern von den früher (Abschnitt I.) geschilderten Grundmembranen und Seitenmembranen der Muskelkästchen durchsetzt wird, so folgt sie doch wie bekannt wegen ihres grossen Gehalts an Muskelkästchen- sowie interstitieller Flüssigkeit mit Leichtigkeit jeder Einwirkung, welche ihre Form zu verändern strebt. Zwar ist die als Norm anzusehende Gestalt der lebenden Muskelspindel in dem bei weitem grössten, dickeren Theile ihrer Länge vollkommen cylindrisch, durchaus nicht prismatisch oder unregelmässig. Durch einwirkenden Zug kann sie aber verändert werden, und um so leichter, wenn derselbe rechtwinklig auf die Längsaxe der Muskelspindel ausgeübt wird. Die einzeln verlaufenden Nervenfasern, die vermöge der geschilderten Quellung etc. dazu im Stande sind, verlaufen nun, wie schon bemerkt, in den meisten Fällen sich nahezu rechtwinklig mit den Muskelspindeln kreuzend. Aus diesem Grunde findet man an den Säure-Präparaten so leicht Hervorragungen oder Hügel an denjenigen Stellen, wo die Nervenfaser endigt. Dieselben sind einfach Kunstproducte entstanden durch Zerrung, welche die Nervenfasern auf das Sarcolem ausüben. Unter diesen Umständen wölbt sich das Sarcolem zu einem kleinen Hügel, dessen Dicke man für die Dicke der Endplatte gehalten hat. In Wahrheit aber überzieht die Endplatte als äusserst dünne Schicht das hervorgewölbte Sarcolem. Dieselben Verhältnisse finden sich bei der Eidechse wieder (Fg. 45), was gleich hier bemerkt werden mag.

Fg. 31.

Motorische Endplatte aus dem M. retractor bulbi des Kaninchens, ganz frisch, ohne Zusatz. Die Muskelspindel lag am Rande einer kleinen Gruppe von solchen, die einem secundären Muskelbündel entsprach; der Schnitt wurde nach der Länge des Muskelbündels mit der Scheere geführt. Die Endplatte erscheint in reiner Profilansicht und zeigt wie gering ihre wahre Dicke sich herausstellt. Vergr. 450. Die contractile Substanz ist nicht angegeben. *E* Endplatte. *N* Nervenfaser.

Entscheidend ist für die hier gegebene Darlegung einzig und allein die Untersuchung eines ganz frischen Muskels, dessen Nerven-Vertheilung genau bekannt ist, wie diejenige im M. retractor bulbi der Katze. Wendet man nicht die oben (S. 59) erwähnten Vorsichtsmassregeln an, oder

benutzt man Zusatzflüssigkeiten, so kann man auch in diesem Muskel scheinbare Hervorragungen des Sarcolems erzeugen. Je vorsichtiger man aber verfährt, desto seltener findet man solche Hügel.

Untersuchung der Endplatten im Querschnitt.

Man hat nun ausser der Untersuchung im Längsschnitt des frischen oder mit Säuren behandelten Muskels, die Anfertigung von Querschnitten zur Entscheidung der Frage über die Lage-Verhältnisse der Endplatten verwerthet. Bereits unter den ersten Abbildungen, welche Endplatten darstellen (W. Krause, Nro. 60.* Taf. VI. Fg. 6), befindet sich ein solcher Querschnitt. Wie schon gesagt ist die kernhaltige Bindegewebsmembran der Endplatten ein ziemlich resistentes Structur-Element, wenigstens nicht durch verdünnte Essigsäure zu zerstören. Wenn man einen M. retractor bulbi trocknet, nachdem 1—3%ige Essigsäure einige Tage eingewirkt hat, so kann man sehr dünne Querschnitte anfertigen und mit Wasserzusatz untersuchen. Bei hinlänglicher Ausdauer findet man dann ausserhalb des Sarcolems gelegene Endplatten, welche durch eine zutretende Nervenfibrille characterisirt sind. Letztere kann man nöthigenfalls durch Natronzusatz kenntlich machen. Auch an solchen Durchschnitten erscheint das Sarcolem an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, fein gezähnelt, zum Beweise, dass es sich bei der auf Längsschnitten des Muskels sichtbaren Zähnelung nicht etwa um durchschnittene Riffe oder Falten des Sarcolems handelt.

Man kann auch Querschnitte des gefrorenen Muskels verwenden. Bequemer ist es jedoch, solche am ganz frischen Muskel mit der Scheere anzufertigen (W. Krause, Nro. 89. S. 170). Dabei ist nur nothwendig, wirkliche Querschnitte zu untersuchen, nicht aber schräge Schnitte. An Schrägschnitten kann man natürlich die Contouren des Sarcolems ebensowenig unter der Endplatte verfolgen, wie es auf optischen Längsschnitten platt gedrückter Muskelspindeln der Fall ist, weil nämlich die Kerne der Endplatten sie verdecken. Aus dem Umstande, dass man diese Contour an Schrägschnitten nicht sehen kann, folgt mithin nicht im Geringsten, dass eine solche Contour nicht vorhanden sei. Hat man aber wirklich reine Querschnitte sich angefertigt, so sieht man sehr deutlich zwei Contouren: erstens die der Bindegewebsmembran und zweitens nach innen von der ersteren, diejenige des Sarcolems (Fg. 32). An reinen Querschnitten können die Ränder des Sarcolems von herausquellender contractiler Substanz überlagert werden, und dann ist es ebenfalls nicht

* S. das Literatur-Verzeichniss der motorischen Endplatten am Schluss dieser Monographie (Abschnitt IV. E.).

möglich, über die Lage der Endplatten ein sicheres Urtheil abzugeben. Dies gilt namentlich auch bei gefrorenen Präparaten. Jedenfalls sind negative Resultate in Bezug auf die an der Innenfläche der Endplatte befindliche Contour des Sarcolems hier so wenig wie auf den Längsschnitten beweiskräftig.

Fg. 32.

Querschnitt aus dem M. retractor bulbi der Katze, mit der Scheere angefertigt, ganz frisch, ohne Zusatz. Eine Nervenfaser endigt in einer motorischen Endplatte, die in reiner Profilansicht erscheint. Ihre Dicke ist sehr unbeträchtlich; sie liegt ausserhalb des Sarcolems. Die Muskelspindel, an welcher die Endplatte haftet, hat einen beträchtlicheren Durchmesser als die übrigen des secundären Muskelspindels, von denen nur fünf in der Zeichnung angegeben sind. Die übrigen Muskelspindeln sind mithin nicht grade in ihrem dicksten Theile, entsprechend der Mitte ihrer Länge, vom Schnitt getroffen. Die contractile Substanz ist nicht angegeben. Vergr. 450. Unter den Nervenfasern erscheint das Perimysium internum auf dem Querschnitt.

Untersuchung isolirter Muskelspindeln.

Zur Entscheidung der Frage, ob die Endplatten innerhalb oder ausserhalb des Sarcolems gelegen sind, ist es offenbar wünschenswerth, eine Methode zu finden, welche die Muskelspindeln zu isoliren erlaubt und zugleich die Endplatten hinlänglich gut erhält. Die einfachste Ueberlegung zeigt, dass Gegenstände nicht innerhalb eines Cylinders gelegen sein können, die bei Rotation desselben um seine Längsaxe sich ausserhalb projiciren. Am nächsten liegt es, zu diesem Zwecke das Zerfasern mittelst sehr feiner Nadeln zu versuchen. Man benutzt Muskelspindeln im frischen Zustande in Corpus vitreum suspendirt, oder solche, die aus Essigsäure-Präparaten von 3—33 % isolirt wurden. Man kann dann Muskelspindeln von mehreren Millimetern Länge freischwimmend beobachten und da die Nerven-Endigung nur in dem mittleren Theile des Muskels stattfindet, so genügt die Methode in mancher Hinsicht. Man sieht hierbei niemals isolirte Endplatten an den Nervenfibrillen ansitzen, sondern stets reisst die Nervenfaser entweder an ihrer Eintrittsstelle ab, oder es findet sich ihr Ende in kürzerer oder längerer Ausdehnung mittelst der Endplatte dem Sarcolem fest adhärirend. Die feinkörnige Substanz und meistens auch die Terminalfasern sind aber unkenntlich geworden.

In sehr seltenen Fällen (Fg. 33) trifft man Endplatten, deren zugehörige Muskelspindel gerade an der Stelle abgerissen ist, wo die Endplatte aufliegt. Läge die letztere im Inneren des Sarcolems, so sollte man die feinkörnige Substanz und die Kerne der Endplatte aus dem Sarcolemrohr hervorquellend beobachten, oder wenigstens durch Druck sie mitsammt der contractilen Substanz heraustreiben können. Beides ist nicht der Fall, vielmehr zeigt sich im Gegentheil das Sarcolem an der Stelle, wo die Endplatte haftet, ganz besonders deutlich.

5*

Fg. 33.



Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des frischen Muskels in Essigsäure von 3 %. Beim Zerfasern des Präparates war zufällig die Muskelspindel grade am Rande der Endplatte abgerissen. Man hätte nach den Angaben Anderer erwarten sollen, dass in diesem seltenen Falle die Bestandtheile der Endplatte aus dem Inneren der Muskelspindel herausquellen würden; statt dessen überlagert die erstere von aussen her am oberen Ende der Figur die contractile Substanz. Das sich unterhalb der Endplatte hin erstreckende Sarcolem ist unverkennbar. Vergr. 450.

Wendet man Einlegen des frischen Muskels in eine Lösung doppelt-chromsauren Kali's von 2 % an, so kann man ebenfalls nach einiger Zeit die Muskelspindeln durch Zerfasern isoliren. Die Endplatten sind dann auf der undurchsichtig und gelb gewordenen Muskelspindel schwer zu erkennen. Die Bindegewebsmembran ist geschrumpft, die Kerne sind so nahe an einander gerückt, dass die Endplatte fast nur aus einem Haufen derselben (Fg. 34. *A*) zu bestehen scheint. Die feinkörnige Substanz ist aber gut erhalten, und in der Profilansicht durch eine scharfe Contour von der contractilen Substanz getrennt. Die Grenze erscheint manchmal leicht gezähnelt. Die scharfe Contour ist das Sarcolem, woran bei unbefangener Betrachtung einer nach dieser Methode isolirten Muskelspindel oder der nebenstehenden naturtreuen Abbildung (Fg. 34. *B*) Niemand zweifeln wird.

Fg. 34.

Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze nach mehrtägigem Einlegen in doppelt-chromsaures Kali von 2 % durch Zerfasern isolirt. *A* Flächenansicht, die Endplatte ist etwas in ihrem Durchmesser geschrumpft, genau kreisrund, die Kerne stehen sehr nahe beisammen, der Inhalt der in das Centrum der Platte eintretenden, noch anhaftenden Nervenfaser ist krümlig geronnen, ebenso der Inhalt der Kerne der Bindegewebsmembran. Das Sarcolem setzt sich unter der Platte fort. *B* Profilansicht derselben Endplatte, nachdem die Muskelspindel durch Verschieben des Deckgläschens um ihre Längsaxe rotirt war. Der Focus ist so eingestellt, dass die Muskelspindel ihre grösste Breite zeigt. Die Nervenfaser, deren Neurilem jetzt zu erkennen ist, frei flottirend. Das Sarcolem setzt sich unter der Stelle fort, wo die Endplatte aufliegt. *N* Nervenfaser. *n* Neurilem.

Indessen kann man den Einwand erheben, die fragliche Contour sei nichts Anderes, als die Grenzlinie der durch das Reagens coagulirten contractilen Substanz. [Eine andere Einwendung, wonach ein trennender Zwischenraum zwischen Sarcolem und contractiler Substanz auftreten sollte, wurde schon früher (Nro. 89) widerlegt]. Zwar würde es eine aus der Luft gegriffene Hypothese sein, wenn man behauptete, dass unter diesen Umständen der Brechungsindex der letzteren Substanz im Vergleich zur Umgebung zunehme, auf welcher Zunahme allein eine deutlichere Abgrenzung beruhen könnte. Im Gegentheil sollte man glauben, es würden die Differenzen im Brechungsvermögen durch Suspension der Muskelspindel in der Lösung von doppelt-chromsaurem Kali eher abnehmen,

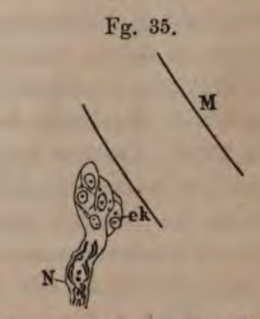
als sich vermehren. Ausserdem wäre jener Einwand durch den Hinweis auf die Deutlichkeit und den Dickendurchmesser der besprochenen Contour zu widerlegen. Indessen knüpft sich daran kein besonderes Interesse mehr, da jetzt bessere Hülfsmittel der Untersuchung anzugeben sind, wie sogleich gezeigt werden soll. Jene Methode wurde nur desshalb wichtig, weil sie cylindrische, gehärtete Muskelspindeln, die sich nicht abplatten, mit Leichtigkeit unter dem Deckglas um ihre Längsaxe zu rotiren erlaubte.

Legt man den M. retractor bulbi der Katze oder des Igels in Chlorwasserstoffsäure von etwa 50 %, so lange bis der Muskel leicht in seine einzelnen Spindeln zerfällt, was binnen 24 Stunden und schon früher eintritt, so lässt sich Folgendes constatiren. Der Inhalt der leicht zu isolirenden Muskelspindeln ist blass und durchscheinend geworden, das Sarcolem erscheint als deutliche dunkle Contour in der Profilansicht und zeigt sich namentlich bei nachträglicher Behandlung mit Natron unter stärkeren Vergrösserungen doppelt-contourirt. Die Nervenfibrillen zerfallen in kurze Fragmente, die wegen ihres starken Glanzes leicht aufzufinden sind und an den Muskelspindeln äusserlich haften. Von den motorischen Endplatten sind noch Reste in Gestalt von höckrigen, unregelmässig geformten Kernen sichtbar, sowie kleine Fetttröpfchen. Die Bindegewebsmembran ist unkennbar blass geworden.

Zunächst geht hieraus hervor, dass die Bindegewebsmembran der Endplatte sich nicht nur gegen Natron, was schon früher angegeben wurde (Nro. 60), sondern auch gegen Chlorwasserstoffsäure anders verhält als das Sarcolem.

Lässt man die Chlorwasserstoffsäure kurze Zeit, z. B. 12 Stunden lang einwirken, so bleiben die Nervenfasern sowie die Endplatten besser erhalten. An den isolirten Muskelspindeln sitzen gewöhnlich noch kurze Stücke der Nervenfibrillen. Zuweilen aber trifft man Nervenfibrillen, an deren wahrem Ende noch die zugehörige Endplatte haftet. Man sieht eine gefaltete durchsichtige Membran mit einzelnen Kernen (Fg. 35).

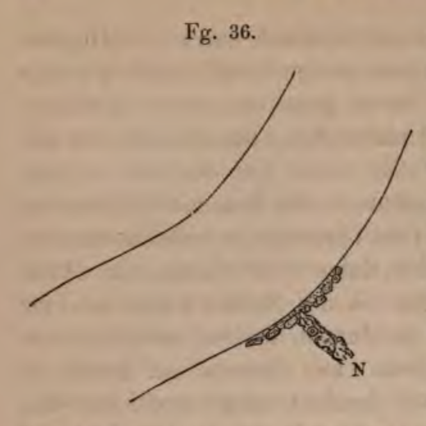
Fg. 35.



Motorische Endplatte aus dem M. retractor bulbi des Igels. Nach zwölfstündigem Einlegen des Muskels in Chlorwasserstoffsäure von 50 %. In diesem seltenen Falle haftete die Endplatte noch an der zugehörigen Muskelspindel. Durch leises Verschieben des Deckgläschens wurde die Endplatte im Zusammenhang mit einem Stück der doppeltcontourirten Nervenfibrille isolirt. Die Bindegewebsmembran der Endplatte ist in Folge der kürzeren Einwirkung der Säure noch zu erkennen, die Kerne derselben sind durchsichtig geblieben und zeigen ein oder zwei Kernkörperchen. *M* Muskelspindel, die Querstreifung ist verschwunden. *N* Nervenfaser. *ek* Kern der isolirten Endplatte.

Unter günstigen Umständen gelingt es die Endplatte zuerst noch an der Muskelspindel haftend zu finden und sie dann sammt der Nervenfibrille durch eine leise Verschiebung des Deckgläs-

Fg. 36.



Isolirte Muskelspindel aus dem M. tensor fasciae cruris der Katze. Der frische Muskel wurde vier Stunden in gewöhnliche reine concentrirte Salpetersäure gelegt, dann in Glycerin und nach 24 Stunden in Wasser zerfasert. Vergr. 450. Die contractile Substanz ist nicht angegeben. Die abgebildete Muskelspindel ist ungefähr 3 Cm. lang, spindelförmig, an beiden Enden spitz zulaufend. Während das Sarcolem unverändert bleibt, wird die Bindegewebsmembran der Endplatte durch die Salpetersäure zerstört. Die Kerne der Endplatte sowie die Nervenfaser haften aussen am Sarcolem und sind leicht zu erkennen, obgleich sie durch die Säure ebenfalls gelitten haben. *N* Nervenfaser.

chens von der betreffenden Muskelspindel abfallen zu machen.

Schon früher (Nro. 66. S. 4) hatte ich angegeben, dass die Endplatten erkennbar bleiben, wenn man Muskelspindeln vier Stunden mit gewöhnlicher reiner concentrirter Salpetersäure behandelt und sie dann in Glycerin legt. Diese Methode lässt die Kerne, sowie den krümlig gewordenen Inhalt der Nervenfasern noch erkennen. Auch das Sarcolem ist bekanntlich unter diesen Umständen resistent. Die concentrirte Säure zerstört aber die Bindegewebsmembran der Endplatten (Fg. 36).

Untersucht man die durch Chlorwasserstoffsäure oder mittelst Salpetersäure isolirten Muskelspindeln freischwimmend in destillirtem Wasser, so kann man sie durch Verschieben des Deckgläschens um ihre Längsaxe rotiren, ohne dass ihr Querdurchmesser sich messbar änderte. Sie sind mithin nicht abgeplattet.

Man kann auf diese Art, wie oben schon angegeben wurde, dieselbe Endplatte bald in Flächenansisht, bald in Profilansicht untersuchen. Am wichtigsten ist dabei, dass man sich von der Flächenansicht aus successive die schrägen Profilansichten (wie sie so vielfach irrthümlich als reine Profilansichten abgebildet wurden) und wirklich reine Profilansichten verschaffen kann. Letztere sind dann vorhanden, wenn die Platte am dünnsten und ihre Kerne möglichst schmal erscheinen. Man constatirt dabei leichter als an frischen oder in verdünnten Säuren macerirten Muskeln, dass der Dickendurchmesser der Endplatten ein so sehr geringer ist, was wegen der Weichheit der letztgenannten Präparate nur bei besonders vorsichtiger Behandlung zu gelingen pflegt. Ausserdem sieht man in reinen Profilansichten, die an diesen isolirten Muskelspindeln in beliebiger Anzahl zu erhalten sind, constant das Sarcolem als doppelt-contourirte Linie zwischen der contractilen Substanz und den Resten der Endplatte sich fortsetzen. Dass das Sarcolem doppelt-contourirt ist, zeigt sich an Salpetersäure-Präparaten weniger deutlich, weil der Sarcoleminhalt dunkler, gelblich und geronnen erscheint, was bei Anwendung von Chlorwasserstoffsäure nicht der Fall ist.

Da nach dem Bisherigen die Bindegewebsmembran der Endplatten durch Natronlauge und kalte Mineralsäuren zerstört wird, während das Sarcolem unverändert bleibt, so dürfte dieses genügen, um eine weitere chemische Verschiedenheit beider Membranen den oben (S. 63) angegebenen Differenzen hinzuzufügen.

Gegen den aus den bisher mitgetheilten Beobachtungen abgeleiteten Schluss, dass die Bindegewebsmembran der motorischen Endplatten wie diese selbst dem Sarcolem aussen anhafte, konnte neuerdings ein schwer wiegender Einwand erhoben werden. Man könnte nämlich glauben, die bisher Sarcolem genannte Membran sei an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, gar nicht dieses gewesen. Sondern eine Membran sei durch die Seitenmembranen derjenigen Muskelkästchenreihen vorgetäuscht worden, welche an die motorische Endplatte zunächst anstossen.

Wenn dieses der Fall war, so mussten die Querlinien, welche der optische Ausdruck von Grundmembranen der Muskelfächer sind (S. Abschnitt I.), an der betreffenden Stelle scheinbar frei aufhören, wenn die Endplatte selbst und die Seitenmembranen durch ein geeignetes Reagens hinreichend blass geworden waren. Nach den jetzt über den Bau der quergestreiften Muskelspindel erlangten Kenntnissen aber konnte man hoffen, die Frage nach dem Lage-Verhältniss der Endplatten in Bezug auf das Sarcolem zur definitiven Entscheidung zu bringen. Es brauchte für diesen Zweck nur die andere Frage beantwortet zu werden: wie die Querlinien sich an der Stelle der Muskelspindel verhalten, wo die Endplatte sich befindet.

Um dies zu ermitteln, bedurfte man natürlich ebenfalls einer Methode, die Muskelspindeln zu isoliren. Es wurde aber zur Lösung der eben aufgestellten Frage noch erfordert, dass die Querlinien, das Sarcolem, die motorische Endplatte oder doch wenigstens ihre Kerne an der isolirten Muskelspindel erkennbar bleiben. Diesen Ansprüchen genügt die Behandlung mit stärkeren Mineralsäuren oder Natronlauge keineswegs, weil die Querlinien, auf die es doch vorzugsweise ankommt, unter diesen Umständen zerstört werden.

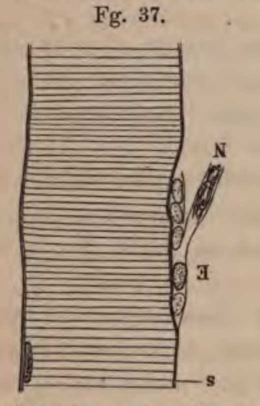
Legt man dagegen den M. retractor bulbi der Katze in ganz frischem Zustande in eine concentrirte Lösung von Oxalsäure, so bleiben die Querlinien erhalten. Man lässt den Muskel darin zwei Stunden liegen, dann 24 Stunden lang in Wasser von 65^{0}. Nach dieser Behandlung fällt der Muskel entweder von selbst in seine einzelnen vollkommen unversehrten Muskelspindeln aus einander, oder dieselben sind doch auf's Leichteste durch gelindes Schütteln mit Wasser in einem Probirgläschen von einander zu sondern. Die Muskelspindeln behalten dabei, wenn sie vorsichtig behandelt werden, ihre cylindrische, resp. prismatische Form. In solcher

Weise gelangt man schliesslich zu einer Isolirung von Säugethier-Muskelspindeln, welche allen Ansprüchen genügen dürfte.

Man findet auf diese Art an isolirten Muskelspindeln mit Leichtigkeit die ansitzenden doppelt-contourirten Nervenfasern. Wo sie endigen, zeigt sich in der reinen Profilansicht an Stelle der Endplatte eine Reihe von Kernen, die meistens ganz frei dem Sarcolem aufliegen. Zuweilen erhalten sich noch Reste der Bindegewebsmembran, welche die motorische Endplatte überzieht. Die Muskelspindel aber besitzt durchaus keine Hervorwölbung, keinen Hügel an der betreffenden Stelle; sie ist cylindrisch oder in den meisten Fällen ein wenig concav eingedrückt. Daher erscheint der Ausdruck Nerventhal für die Stelle, wo die Endplatte liegt, nicht unpassend. Dass diese Concavität kein Kunstproduct ist, ergibt sich aus einer schon früher (S. 62. Fg. 29) gemachten Bemerkung. Auch an frisch ohne Zusatz untersuchten Muskelspindeln erscheint nämlich öfters die Stelle, wo die Endplatte liegt, ein wenig eingedrückt. In anderen Fällen ist wie gesagt die Muskelspindel vollkommen cylindrisch. Dennoch erscheint es um eine kürzere Ausdrucksweise einzuführen gerechtfertigt, auch unter diesen Umständen die Bezeichnung „Nerventhal" beizubehalten; gleichviel ob das Eingebogensein der Muskelspindel deutlich, weniger tief, oder ganz unmerklich sich herausstellt.

In dem Nerventhal nun sieht man das Sarcolem als breite glänzende Contour zwischen den Querlinien und den Kernen der motorischen Endplatte sich hinziehen und mit den Querlinien im continuirlichen Zusammenhange, während die anisotrope mit der isotropen Substanz homogen resp. glashell durchsichtig geworden ist (Fg. 37).

Fg. 37.



Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze isolirt. Zweistündiges Einlegen in concentrirte Oxalsäure-Lösung, dann 24 Stunden in Wasser, welches auf 65⁰ erhalten wurde. Vergr. 800. *s* Sarcolem, welches an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, eingebogen ist und ein Nerventhal bildet. *N* Nervenfaser, *E* Endplatte, welche vier Kerne zeigt. An der Muskelspindel sind die Querlinien deutlich.

Bei den auf diese Art isolirten Muskelspindeln können aber die früher vorgebrachten und unten noch zu erwähnenden Einwendungen gegen die Beweiskraft der Methode nicht mehr vorgebracht werden. Denn weder ist das Sarcolem zerstört, noch ist die contractile Substanz in einen dem Geronnensein ähnlichen Zustand versetzt worden. Im Gegentheil ist wie gesagt die letztere glashell durchsichtig geworden und das Einzige, was sehr deutlich hervortritt, ist eben das Sarcolem. Will man letzteres noch besonders nachweisen, so ist dies leicht an Querschnitten, an absichtlich gezerrten Stellen der Muskelspindeln, wo es sich faltet, sowie endlich

durch Uebersättigen mit Natronlauge. Die Bindegewebsmembran und feinkörnige Substanz der Endplatte, sowie das Neurilem sind meistens unkennbar blass geworden; auch die Kerne sind sehr zart contourirt, das Nervenmark erscheint krümlig. Die Seitenmembranen der Muskelkästchen sind ebenfalls nicht mehr zu erkennen und somit fällt der letzte vorhin (S. 71) erhobene Einwand ebenfalls hinweg.

Wer mit dem trügerischen Ansehen, welches die im Halbprofil gesehenen Endplatten darbieten, noch nicht vertraut ist, wird vielleicht erstaunen, wenn bei einer Rotation der Muskelspindel um ihre Längsaxe die Kerne der Endplatte plötzlich sich ausserhalb des Sarcolems projiciren, während sie vorher so deutlich innerhalb des letzteren zu liegen schienen.

Hier mag noch bemerkt werden, dass es mit dieser Methode leicht ist, Endplatten von ihren Muskelspindeln abfallen zu machen. Man findet bei der Verfolgung von Nervenfasern, die von den kleinsten Stämmchen abtreten, die betreffenden Kernhaufen an ihrem Ende ansitzend. Das Sarcolem ist aber unter diesen Umständen nicht brüchig geworden, wie es durch sehr lange Einwirkung von Chlorwasserstoffsäure werden soll. Was mit letzterer Säure nur in einem seltenen Falle (Fg. 35) gelungen war, lässt sich an Oxalsäure-Präparaten mit Leichtigkeit demonstriren.

Durch das Gesagte ist bewiesen, dass die motorischen Endplatten der Säuger ausserhalb des Sarcolems liegen. Eine fernere hiervon unabhängige Beweisführung wird aus der Entwicklungsgeschichte (S. unten Kaninchen) herzunehmen sein.

Die Nerven-Endigung innerhalb der motorischen Endplatte.

Die Bedeutung der anscheinend feinkörnigen Substanz, welche sich wie oben bemerkt zwischen der Bindegewebsmembran der Endplatte und dem Sarcolem erstreckt, hat bisher nicht aufgeklärt werden können. Einige glaubten, sie repräsentire eine diffuse Ausbreitung des Axencylinders; Andere, es sei in derselben ein anastomosirendes nervöses Endnetz verborgen (S. unten, Historisches). Bisher war nur nachgewiesen, dass in der genannten Substanz blasse Terminalfasern verlaufen, an welchen zuweilen eine knopfförmige Endanschwellung wahrgenommen war. Diese Terminalfasern resp. die erste Gabeltheilung sind von Mehreren gesehen worden (Nro. 85. Nro. 106. Nro. 75).

Die Untersuchung im ganz frischen Zustande ergibt keine anderweitigen Resultate. Mag man sich Endplatten aussuchen, die nur wenige

Fg. 38.



Endplatte aus dem M. retractor bulbi der Katze, ganz frisch, ohne Zusatz. Vergr. 1000. Reine Flächenansicht. Der Focus ist auf die Oberfläche der Muskelspindel eingestellt. *N* Nervenfaser.

Fg. 39.



Längsschnitt aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in Chlorwasserstoffsäure von 1:700. Vergr. 500. Nur eine Muskelspindel ist angegeben, die contractile Substanz ist durch Quellung zerstört. *s* Sarcolem. *N* Nervenfaser. Dieselbe theilt sich in zwei doppelt-contourirte feinere Fasern, welche sich in viele blasse Terminalfasern auflösen.

Kerne enthalten, und auch zugleich die stärksten und besten Vergrösserungen anwenden: es ist und bleibt in der Flächenansicht eine feingranulirte Masse (Fg. 38). Dagegen gelingt es mit besseren Hülfsmitteln ganz leicht, die scheinbar körnige Substanz gleichsam aufzulösen.

In Wahrheit findet sich statt derselben eine ausserordentlich reichhaltige Nervenverzweigung von blassen Terminalfasern. Dieselben gehen aus mehrfach wiederholten, successiven Theilungen der bisher bekannten stärkeren Terminalfasern hervor. Letztere sollen fortan als T e r m i n a l f a s e r n e r s t e r O r d n u n g bezeichnet werden. Zuweilen bleibt eine derselben ungetheilt und dann ist mitunter schon im frischen Zustande die knopfförmige Endanschwellung zu erkennen (S. 56. Fg. 25. *t*). Legt man aber den ganz frischen M. retractor bulbi 24 Stunden lang in Chlorwasserstoffsäure (1 : 700), so zeigt die Flächenansicht der Endplatten die eben beschriebene Verästelung (Fg. 39). Diese feineren ebenfalls kolbenförmig endigenden Aestchen mögen T e r m i n a l f a s e r n z w e i t e r O r d n u n g heissen.

In der Profilansicht erkennt man sofort, was die oben erwähnte (S. 56. Fg. 25. *A*) feine Zähnelung in dem Nerventhal zu bedeuten hat. Es sind die knopfförmigen Endanschwellungen der feinen blassen Terminalfasern zweiter Ordnung, die im frischen Zustande d. h. am lebenden Muskel ohne Zusatz Anfangs nur den Eindruck einer feinen Zähnelung machen.

Kennt man die Sache einmal, so ist es nicht schwer, in reinen oder schrägen Profilansichten die letztgenannten Fasern nachzuweisen. Auf diese Weise beseitigt sich sofort der etwa mögliche Einwand, dass die Chlorwasserstoffsäure ein Kunstproduct erzeugt habe.

An den mit sehr verdünnter Chlorwasserstoffsäure behandelten Präparaten ist gar kein Urtheil über die Lage der Endplatten zum Sarcolem zu gewinnen, weil die Kerne der Endplatte die Contour des letzteren verdecken. Daher sieht das Bild so aus, als ob die blassen Terminalfasern in das Innere des Sarcolems hineinragten (Fg. 40).

Fg. 40.



Aus demselben Präparat wie Fg. 39. Die Muskelspindel zeigt eine Endplatte in der Profilansicht. Dieselbe liegt scheinbar innerhalb des Sarcolems, weil die Kerne der Endplatte dasselbe verdecken. Es zeigen sich viele der contractilen Substanz zugekehrte kopfförmige Endigungen der blassen Terminalfasern, welche fast in einer Reihe gelegen sind. *s* Sarcolem. *N* Nervenfaser.

Bei der Untersuchung nach Einlegen in Goldchlorid erhält man ganz analoge Resultate (S. auch unten Lacerta agilis).

Abbildungen von Endplatten aus dem M. retractor bulbi der Katze sind mehrfach gegeben worden (S. ausser den im Vorhergehenden aus Nro. 60 und Nro. 89 wiederholten Nro 68. Taf. VIII. Fg. 8 und 9. Nro. 89. Taf. IX. Fg. 5).

Nach dem Gesagten bestehen die motorischen Endplatten aus folgenden Bestandtheilen. Das Neurilem der zugehörigen doppeltcontourirten Nervenfasern geht in die kernhaltige Bindegewebsmembran der Endplatte über. Die Nervenfaser setzt sich in eine oder mehrere blasse Terminalfasern erster Ordnung fort, aus welchen durch successive Theilungen die feineren ebenfalls knopfförmig endigenden Terminalfasern zweiter Ordnung entstehen. Ihre rundlichen Enden und die optischen Durchschnitte der sich kreuzenden Fasern erzeugen das Bild einer scheinbar feinkörnigen Substanz. In dem Nerventhal, woselbst diese Nervenmasse an das Sarcolem anstösst, bietet letzteres keinerlei Besonderheiten seiner Structur dar. Die dem Sarcolem zugekehrte Fläche der anscheinend feinkörnigen Substanz wird als Basis oder Grundfläche der motorischen Endplatte bezeichnet: im Gegensatz zu der von der Bindegewebsmembran der letzteren überzogenen Oberfläche. Zwischen den Terminalfasern zweiter Ordnung liegen einzelne grössere Körnchen, die sich durch ihr stärkeres Lichtbrechungsvermögen von den optischen Querschnitten und Enden dieser feinsten Nervenfasern unterscheiden und als Fettkörnchen angesprochen werden. Sind die Theilungen und somit die Terminalfasern zweiter Ordnung etwas sparsam vorhanden, was mitunter vorkommt, so zeigen

sich mehrere stärkere Terminalfasern erster Ordnung und manchmal bekommt man den Eindruck, als enthalte die betreffende Endplatte weniger feinkörnige Substanz, wie gewöhnlich.

Dimensionen der Endplatten.

Ueber die Grössenverhältnisse sind die Angaben in der angehängten Tabelle (Abschnitt IV. C) zu vergleichen. Die Länge schwankt zwischen 0,38—0,076 Mm.; die Breite zwischen 0,23—0,043. An Präparaten in doppelt-chromsaurem Kali beträgt der Durchmesser 0,034—0,038, die Dicke 0,006. Die Kerne der Bindegewebsmembran haben 0,007—0,01 Länge, 0,0038—0,0057 Breite; 0,0025 Dicke, ebenso gross sind die Krne des Neurilems der doppeltcontourirten Nervenfasern. Die Bindegewebsmembran hat 0,0004 Dicke, während das Sarcolem 0,0005—0,0006 misst. Die Kernkörperchen in den Kernen der Endplatten haben 0,0009 Durchmesser, die grössten Körnchen der scheinbar feinkörnigen Substanz 0,0008, die kleinsten etwa 0,0003. Die Dicke der isolirt verlaufenden doppeltcontourirten Nervenfibrillen beträgt 0,0076, die Länge der ebenfalls doppeltcontourirten Endäste, die zusammen in eine Endplatte eintreten, beträgt etwa 0,06, ihre Dicke 0,004; die Terminalfasern erster Ordnung sind 0,015 lang und länger, 0,003—0,0035 breit und 0,0028 dick, ihre knopfförmige Endanschwellung hat 0,0038 Durchmesser; die Terminalfasern zweiter Ordnung haben nur 0,0005 Mm. Dicke, ihre abgerundeten Enden, wo sie erkennbar sind, 0,0008 Mm.

Vertheilung der Endplatten im Muskel.

Was die Vertheilung der Endplatten an die einzelnen Spindeln des Muskels anlangt, so kann man aus dem M. retractor bulbi der Katze an Präparaten, die etwa acht Tage in verdünnten Säuren, namentlich in Essigsäure von 25—33 % gelegen haben, einzelne platte secundäre Bündel absondern, welche fast in der ganzen Länge des Muskels durch stärkeres Perimysium internum von den benachbarten Bündeln getrennt werden. Die Bündel enthalten beispielsweise etwa 20 Muskelspindeln. Mustert man dieselben unter dem Microscop bei 200facher Vergrösserung durch, so sieht man die Nerven-Vertheilung an verschiedenen Stellen des Muskels stattfinden, aber stets in den beiden mittleren Vierteln die meisten Endplatten; das nach vorn gelegene Viertel enthält nur wenige, die vorderste Parthie von 2—4 Mm. Länge keine einzige mehr; in dem am meisten

nach hinten gelegenen kommen einzelne oder kleine Gruppen, gewöhnlich an kleinen Nervenstämmchen von ganz kurzem Verlaufe vor, die isolirt von einem stärkeren Stämmchen sich abbiegen. Da man die Muskelspindeln wie die Endplatten einzeln zählen kann (S. 56. Fg. 24), so vermag man sich leicht zu überzeugen, dass beide Zählungen fast genau übereinstimmende Resultate liefern; gewöhnlich findet man ein paar Endplatten weniger. Es dürfte unnöthig sein, die einzelnen Zahlen-Ergebnisse mitzutheilen, denn jedenfalls steht es fest, dass die Zahl der Endplatten und Muskelspindeln sehr nahe dieselbe ist, dass also in diesem Muskel die Contractions-Anregung seitens der Nerven an jeder einzelnen Muskelspindel, und zwar nur an einer einzigen Stelle derselben stattfindet. Diese Stelle liegt für verschiedene Muskelspindeln in verschiedenen Längsabschnitten des Muskels, im Allgemeinen aber für benachbarte Spindeln an nahe benachbarten Stellen. Wegen des Umstandes, dass man etwas weniger Endplatten als Muskelspindeln findet, könnte man die Ungenauigkeit der Zählung beschuldigen. Es ist indessen noch eine andere Erklärung möglich. Ohne Zweifel verlaufen die Spindeln des M. retractor bulbi der Katze zum allergrössten Theile von einem Ende des Muskels bis zum andern. Nur sehr sparsam kommen Theilungsformen darin vor, wie sie schon in so vielen Muskeln verschiedener Thiere beobachtet sind. Es wäre möglich, dass die getheilten Muskelspindeln ebenfalls nur eine einzige Endplatte erhielten. Die Theilungsformen sieht man an Präparaten mit Essigsäure und am besten an solchen mit doppelt-chromsaurem Kali. Ferner erkennt man die Aeste der verzweigten Spindeln auf Querschnitten getrockneter Muskeln an ihrem auffallend geringeren Durchmesser (S. 67. Fg. 32).

Indem man die Anzahl der Fasern in den kleinen Nervenstämmchen bestimmt, welche in solche secundäre Muskelbündel eintreten, kann man nachweisen, dass jede dieser Fasern etwa 2—3 Endplatten versorgt. Es stimmt dieses Resultat überein mit dem schon lange bekannten Factum, dass in den Muskeln der Säuger Nerventheilungen weit weniger häufig sind als bei niederen Wirbelthieren. Jedoch ist die Zahl der Fasern, welche von den Centralorganen des Nervensystems ausstrahlen, eine viel geringere als derjenigen, welche in den mit blossem Auge nicht mehr sichtbaren Nervenstämmchen im Muskel verlaufen. Eine vergleichende Schätzung gestattet zu schliessen, dass von den Nervenfasern der Augenmuskelnerven jede etwa 10 Endplatten oder Muskelspindeln durch wiederholte Theilungen versorgen möge.

Im Gegensatz zu dem M. retractor bulbi, welcher noch den kurzen Muskeln angehört, erschien der M. tensor fasciae cruris der Katze (S. 2) am geeignetsten die Nervenverbreitung in langen Muskeln zu studiren.

Wenn es bei der Katze einen solchen geben sollte, dessen Spindeln mehr als nur Eine Endplatte erhielten, so müsste es wohl in diesem Muskel der Fall sein. Ferner schien Aussicht vorhanden, dass an den Enden desselben sich längere nervenfreie Parthien vorfinden würden.

Der M. tensor fasciae cruris erhält vom N. ischiadicus zwei Nervenstämmchen, welche durch eine gemeinschaftliche Scheide vereinigt sein können. Sie treten in letzteren etwas oberhalb der Mitte seiner Länge und verbreiten sich, der eine Ast nach oben, der andere nach unten, in sonst ganz ähnlicher Weise, wie die Nerven im M. retractor bulbi.

Zur weiteren Verfolgung der Nerven kann man an Essigsäure-Präparaten den Muskel der Länge nach in Abschnitte von etwa 4 Cm. zerlegen und die Zahl der Muskelspindeln und Endplatten in ähnlicher Weise vergleichen, wie beim M. retractor bulbi. Die Resultate sind dieselben.

Sicherer ist es durch die Salpetersäure-Glycerin-Methode (S. 4) den Muskel in seine einzelnen Spindeln aufzulösen. Um ganz sicher zu gehen, kann man die Blutgefässe vorher mit Leim und Berlinerblau injiciren. Mit der genannten Methode lassen sich wie gesagt Stücke von Nervenfasern erkennen, welche an den Muskelspindeln mittelst einer Anzahl von Kernen haften (S. 70. Fg. 36). Dieses sind die Reste der motorischen Endplatten. Nach Zusatz von Essigsäure zu einer isolirten Muskelspindel sind die doppelt-contourirten Nervenfasern und die Kerne der Endplatte am besten wahrzunehmen. Es zeigt sich auch hier, dass jede Muskelspindel nur Eine Endplatte erhält, die ungefähr in der Mitte ihrer Länge gelegen ist. Findet man ausser der zugehörigen Nervenfaser noch andere anhaftend, so kann man an den beiderseits abgerissenen Enden erkennen, dass die letzteren den Plexus angehört hatten.

Die geschilderten Verhältnisse lassen bereits schliessen, dass die Enden des Muskels höchstens in 0,5—2 Cm. Länge nervenlos gefunden werden können. Die directe Beobachtung ergibt indessen Folgendes: Obgleich die äussersten Enden des Muskels keine motorischen Endplatten enthalten, so sind doch im Perimysium internum zwischen einzelnen secundären Muskelbündeln kleinste Stämmchen doppelt-contourirter Nerverfasern vorhanden, welche vermuthlich durchtretende sensible Elemente darstellen.

Die vom M. tensor fasciae cruris der Katze geschilderten Verhältnisse kehren in analoger Weise bei allen grösseren Muskeln der Säuger wieder. Namentlich erhält jede Muskelspindel nicht mehr als nur eine einzige Endplatte. Da die letztere sich stets nahe der Mitte der Länge ihrer zugehörigen Muskelspindel vorfindet, wo letztere am dicksten ist, so müssen die Enden der Muskeln im Allgemeinen nervenlos sein. Wie

lang die letzteren Parthieen sein können, hängt von der absoluten Länge der Muskelspindeln ab. Insofern diese nach den bisherigen Erfahrungen die Länge von 4 Cm. niemals überschreitet, kann man nicht erwarten, dass nervenfreie Muskelstücke von mehr als 2 Cm. Länge aufgefunden werden. Weil die Grösse der Endplatten bei den bisher untersuchten Säugern keinen beträchtlichen Differenzen unterworfen ist, und ausserdem in einem fast constanten Verhältniss zur Dicke der Muskelspindeln steht (S. unten Abschnitt III. A), so dürfte auch mit Rücksicht hierauf nicht anzunehmen sein, dass beträchtlichere Unterschiede in der Länge der Muskelspindeln als die bisher bekannten vorhanden sein werden.

Wenn jede Muskelspindel nur eine Endplatte erhält, so ergibt sich, dass der anscheinend verschiedene Nervenreichthum der Muskeln auf folgenden Umständen beruhen muss. Sehr kurze Muskeln, welcher Art sie auch sein mögen, werden nervenreicher erscheinen, als längere. Ausserdem aber wird man in einer gegebenen Quadratfläche Muskelsubstanz um so mehr Nervenfasern wahrnehmen, je mehr von den Stämmen aus in dieselbe eintreten, und je weniger Muskelspindeln also von einer einzigen Nervenfaser des Stammes abhängig sind. Diese letztere Vergleichung kann direct nur zwischen etwa gleichlangen Muskeln desselben Thieres vorgenommen werden. Durch diese Ueberlegungen sind die bekannten Thatsachen der Beobachtung: der anscheinend grössere Nervenreichthum der Augenmuskeln, sowie der kurzen Muskeln im Allgemeinen vollständig erklärbar.

Gefässnerven des Muskels.

Es gibt im M. retractor bulbi der Katze, wie in den Augenmuskeln der Säuger überhaupt ausser den motorischen ausnahmslos mit Endplatten in Verbindung stehenden Nervenfasern noch andere, welche von den letzteren wesentlich verschieden und namentlich viel sparsamer vorhanden sind.

An Essigsäure-Präparaten sieht man neben den kleineren Muskelarterien sehr häufig Nervenstämmchen verlaufen, welche aus 1—3 doppeltcontourirten aber schmalen Fibrillen und 2—6 blassen, kernhaltigen, Remak'schen Fasern bestehen. Sie sind ursprünglich in der Scheide der noch mit blossem Auge sichtbaren, motorischen Nervenstämmchen enthalten und verlassen dieselbe innerhalb des Bindegewebes zwischen den secundären Muskelbündeln, um zu den Arterien daselbst überzutreten. Die Stämmchen verlaufen manchmal stark geschlängelt parallel den Arterien und zum Theil dieselben umwindend; sie theilen sich, wenn die Arterien Aeste abgeben, um sich letzteren anzuschliessen und es kommen

auch Theilungen der dunkelrandigen Fasern vor. An den kleinsten Arterien findet man die aus den wenigsten Fasern bestehenden Stämmchen; die blassen Nervenfasern verlieren sich isolirt an der Muscularis, ohne die Art der Endigung genauer erkennen zu lassen. Sokolowsky* hat als solche ovale Zellen von 0,015 Mm. Länge auf 0,012 Breite mit einem Kern von 0,003 Mm. beschrieben, die Nervenzellen genannt werden. Diese angeblichen Zellen wurden mit Hülfe von Carmin, Essigsäure und Glycerin aus den Augenmuskeln der Katze dargestellt. Schon nach dieser Darstellungsmethode ist es kaum zu bezweifeln, dass die vermeintlichen Nervenendorgane wohl keine Zellen gewesen sein dürften. Sie sollen ferner den Gefässen äusserlich anhaften, während in Wahrheit die blassen Nervenfasern in der Muscularis selbst endigen und ohne Zweifel für die glatten Muskelspindeln der letzteren Haut bestimmt sind, analog den blassen Nervenstämmen im Darmkanal. Die sparsamen dunkelrandigen Elemente sind ihrem geringen Durchmesser nach sensible Elemente; sie werden das sogenannte Muskelgefühl zu vermitteln haben. Wie dieselben endigen ist zweifelhaft; im Muskel selbst sind ihre Endigungen bis jetzt nicht nachzuweisen. Es wäre nicht unmöglich, dass sie nur die Gefässnerven gleichsam benutzten, um vermittelst derselben zu ihrem Endigungspunkte zu gelangen, der möglicherweise in einem Vater'schen Körperchen sich befinden könnte. Dafür spricht nämlich der Umstand, dass ich bei einer zu anderen Zwecken unternommenen Präparation der Gefässnerven der unteren Extremität des Menschen constant 2—3 Vater'sche Körperchen in dem Abgangswinkel der A. profunda femoris von der A. cruralis beobachtete. Die sensiblen Fasern, welche in diesen ziemlich grossen Körperchen endigen, sind schon in den Stämmchen der Gefässnerven neben der A. cruralis nachweisbar.

Diejenigen Arterien, welche die beschriebenen, stärksten Nervenstämmchen erhalten, sind im M. retractor bulbi der Katze mit blossem Auge sichtbar; die Endvertheilung der blassen Fasern ist an Arterien, deren Umfang 0,17—0,2 Mm. beträgt, am deutlichsten zu erkennen. Die Remak'schen Fasern haben etwa 0,002, die dunkelrandigen 0,0035 bis 0,004 Mm. Durchmesser. In den Augenmuskeln des Menschen findet man dieselben Dimensionen der betreffenden Nervenfasern.

Canis domesticus.

Bei kleineren Hunden sind, wie ich früher (Nro. 60) angegeben habe, die Augenmuskeln und namentlich der M. retractor bulbi fast ebenso zur

* Die Beziehungen der Nerven zu den Gefässen der quergestreiften Muskeln und ihre Endigungen. Mit 2 Tafeln. Dissert. Petersburg 1864. S. Arch. f. micr. Anatomie, 1866. Bd. II. S. 531.

Untersuchung geeignet, wie bei der Katze. (Abbildungen s. Nro. 64. Taf. XI. Fg. 7 u. 8.)

Hyaena striata.

Die Augenmuskeln dieses Thieres in frischem Zustande erhalten zu haben, verdanke ich Herrn Professor Selenka in Utrecht. Die motorischen Endplatten gleichen denjenigen der Katze. Ueber ihre Grösse s. unten die Tabelle (Abschnitt IV. C).

Erinaceus europaeus.

Der M. retractor bulbi zeichnet sich beim Igel durch die verhältnissmässige Dicke des Sarcolems seiner Spindeln wie derjenige der Katze aus. Abbildungen s. oben Fg. 35.

Sorex araneus.

Die Endplatten der Spitzmaus bieten nichts Besonderes dar; sie enthalten 6—8 Kerne. (Nro. 68. Taf. VIII. Fg. 7. Taf. IX. Fg. 14. Fg. 15.)

Talpa europaea.

Erstere Bemerkung gilt ebenfalls vom Maulwurf (Nro. 63).

Lepus cuniculus domesticus.

Auch im Herzmuskel endigen die doppelt-contourirten Nervenfasern mit motorischen Endplatten (W. Krause, Nro. 104. S. 178).

Die Zartheit des Sarcolems macht die Entscheidung über das Lage-Verhältniss der Endplatten zum Sarcolem am frischen Präparat etwas schwieriger, als bei anderen Thieren, namentlich den Fleischfressern. Zur Untersuchung sind die Mm. intercostales, sternothyroideus, sternohyoideus (Nro. 53), der M. psoas sowie die Mm. adductores femoris (Nro. 63) empfohlen worden. Nächst den Augenmuskeln (Nro. 66) und dem M. retractor bulbi (Nro. 66. s. oben S. 65. Fg. 31. Nro. 104. S. 131. Fg. 2) verdienen die Mm. intercostales den Vorzug. Behandelt man Abschnitte derselben mit Oxalsäure (S. 71), so lässt sich an isolirten Muskelspindeln der Uebergang der Querlinien in das Sarcolem des Nerventhals ebenfalls nachweisen.

Abbildungen finden sich (Nro. 63. Taf. IV. Fg. 14. Nro. 64. Taf. XI. Fg. 1—4. Nro. 68. Taf. VIII. Fg. 5. u. 6. Taf. IX. Fg. 13. Fg. 16. Letztere Figur stellt eine schematische Uebersicht der Vertheilung der Endplatten im M. retractor bulbi dar. Nro. 81. Taf. IX. Fg. 2 u. 3. Nro. 102. S. 172. Fg. 123*b*).

Fettige Degeneration der Endplatten.

Wichtig ist das Kaninchen desshalb geworden, weil dasselbe ein bequemes Object darbietet, um die Veränderungen zu studiren, welche nach Nerven-Resectionen in den motorischen Endplatten eintreten. Diese vorzügliche Untersuchungs-Methode ist schon mehrfach bei schwierigen Fragen auf dem Gebiete der Lehre von den Nerven-Endigungen benutzt worden. Dieselbe hat bei mehreren Gelegenheiten zu Resultaten geführt, welche auf keinem anderen Wege als dem experimentellen oder doch nicht mit so vollständiger Sicherheit zu erreichen gewesen wären. Die Nerven-Durchschneidung beim Affen (W. Krause, Die terminalen Körperchen. 1860. S. 94) resp. die nachfolgende durch Hülfe des Microscops ermittelte fettige Degeneration bewies, dass die Querstreifung der Tastkörperchen durch nervöse Terminalfasern bedingt wird. Dieselbe Methode zeigte, dass die Terminalfasern der Vater'schen Körperchen sowohl beim Affen (daselbst S. 27) wie bei der Taube (daselbst S. 41) das wahre Nervenende darstellen, und nicht die Innenkolben, was kürzlich von Rauber (Untersuchungen über das Vorkommen und die Bedeutung der Vater'schen Körperchen. 1867. S. 24) beim Kaninchen auf experimentellem Wege bestätigt worden ist. Auch bei den motorischen Endplatten wurde diese Methode bereits in Anwendung gezogen (W. Krause, Nro. 76. 1864. S. 77. Taf. IV), ferner um den Nerven-Verlauf innerhalb der am Arme befindlichen Stämme zu ermitteln (Beiträge zur Neurologie der oberen Extremität. 1865. S. 19) und über die Bedeutung der Stäbchenschicht einen Aufschluss zu gewinnen (Die Membrana fenestrata der Retina. 1868. S. 35—41).

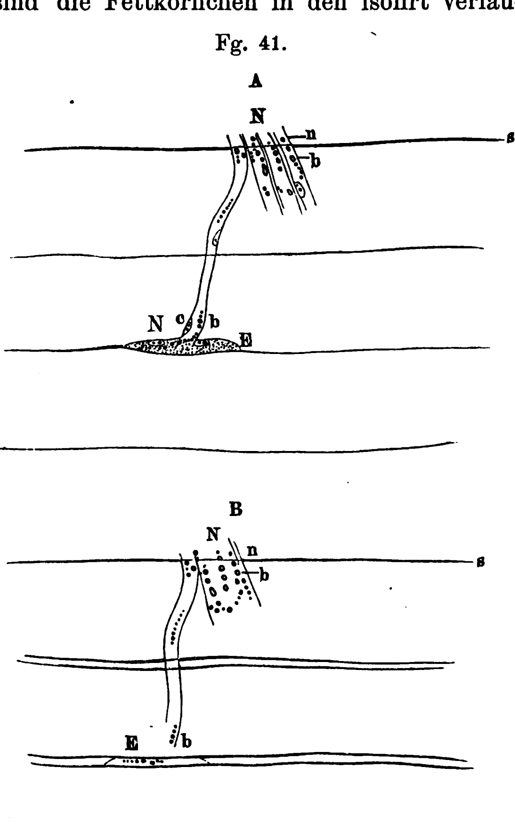
Bekanntlich verlieren die motorischen Nervenfasern eines Säugethieres nach einigen Tagen ihre Erregbarkeit, wenn der zugehörige Nervenstamm weiter nach den Centralorganen hin durchschnitten oder resecirt wurde, während die betreffenden Muskeln durch unmittelbare Einwirkung der Erreger noch nach Wochen oder Monaten zur Contraction gebracht werden können.

Durchschneidet man nun beim Kaninchen den N. medianus (W. Krause, Anatomie des Kaninchens. 1868. S. 249) oder den N. cruralis (daselbst, S. 225) mit Wegnahme eines Centimeter-langen Stückes des Nerven selbst, so beginnt die fettige Entartung an den isolirt verlaufenden, doppeltcontourirten Nervenfasern in den zugehörigen Muskeln und schreitet von da aus nach den Stämmen hin weiter. Nach drei Tagen findet man die Axencylinder innerhalb des Neurilems deutlich erkennbar, wenn frische Muskeln ohne Zusatz oder mit verdünnter Essigsäure untersucht werden. Sie sind von dem Neurilem durch reihenweise angeordnete Fettkörnchen von kleinerem oder grösserem Durchmesser getrennt. Die Nervenfasern

in den innerhalb des Muskels gelegenen Stämmchen sind weniger verändert und in den Fasern der grossen Stämme selbst ist nur Gerinnung des Nervenmarks, doch keine anderweitige Degeneration nachzuweisen. Nach 14 Tagen sind von den Fettkörnchen in den isolirt verlaufenden Primitivfasern kaum einzelne noch zu erkennen, die Fasern der kleinen Stämmchen bieten das Bild dar, welches sich früher an den isolirten Fibrillen zeigte und die Nervenfasern der grossen Stämme verhalten sich so wie anfangs die der kleinen Stämmchen, indem grössere, spindelförmige Anhäufungen von Fettkörnchen sich an Stelle des Nervenmarks finden. Nach drei Wochen sind die Fettkörnchen in den isolirt verlaufenden Fasern ganz verschwunden, an den anderen genannten Stellen haben sie sich noch mehr vermindert: die Axencylinder dagegen sind überall gut erhalten.

Am vierten Tage nach der Durchschneidung des N. medianus sind die motorischen Endplatten im M. flexor carpi radialis des Kaninchens unverändert erhalten. An Stelle der blassen Terminalfasern, die im Inneren der Endplatte gelegen sind, treten jedoch, reihenweise angeordnet, sehr kleine Fettkörnchen. Obgleich dieselben bei etwa 300maliger Vergrösserung bereits deutlich zu erkennen sind (Fg. 41), so ist doch die Anwendung einer stärkeren Vergrösserung sehr zu empfehlen. Die Axencylinder der doppelt-contourirten Nervenfasern lassen sich bis zu den Endplatten selbst verfolgen.

Fg. 41.



Drei Muskelspindeln von denen nur die Contouren angegeben sind aus dem M. flexor carpi radialis des Kaninchens, drei Tage nach der Resection des N. medianus. *A* ganz frisch, ohne Zusatz. *B* Nach Einwirkung von etwa 15%iger Natronlauge. Vergr. 350. *n* Neurilem einer Nervenfaser, deren vier in einem kleinen Stämmchen *N* verlaufen, von welchem sich eine degenerirte Fibrille *N* absondert. *bb* Fettkörnchen aus fettiger Degeneration der Primitivfasern hervorgegangen. *c* Kern des Neurilems. *E* Motorische Endplatte, welche im Profil erscheint. *s* Sarcolem.

Am 5—6ten Tage nach der Nervendurchschneidung sind die reihenweise angeordneten Fettkörnchen d. h. die Reste der Terminalfasern erster Ordnung innerhalb der Endplatte nicht mehr nachzuweisen. Ob die Terminalfasern zweiter Ordnung und die knopfförmigen Anschwellungen derselben unverändert bleiben, lässt sich nicht entscheiden. Die Kerne der Bindegewebsmembran und letztere selbst dagegen bleiben ganz normal, was auch nach mehreren Wochen noch der Fall ist.

Aus dem Mitgetheilten folgt, dass die Integrität des Axencylinders bis zu seinem Eintritt in die Endplatte nicht genügt, um die Leitung vom erregten Nervenstamme aus auf die contractile Substanz fortzupflanzen. Da es jetzt ganz sicher ist, dass wenigstens bei den leicht zugänglichen Thieren keine Muskeln existiren, in denen längere Parthien von mehr als 1—2 Centimeter Ausdehnung nervenfrei wären, so empfiehlt es sich um so mehr, die physiologischen Eigenschaften der contractilen Substanz an Muskeln zu studiren, deren Nerven in ihren letzten Verzweigungen seit einigen Tagen leistungsunfähig geworden sind. Beim Kaninchen ist gegen den achten Tag nach der Nerven-Resection mit Sicherheit auf das Eintreten dieses Zustandes zu rechnen.

Entwicklungsgeschichte der Endplatten.

Man weiss, dass die quergestreiften Muskelspindeln der Säuger-Embryonen ursprünglich viel kleinere spindelförmige Zellen darstellen. Dieselben besitzen einen anfangs feinkörnigen Inhalt, der sich in der Axe noch lange erhält, wenn die Peripherie der Muskelspindel bereits Querstreifung aufweist. Dies bedeutet nichts Anderes, als dass die Grundmembranen der Muskelfächer vom Sarcolem aus in das Innere der Muskelspindel hineinwachsen, wie es in der That a priori zu erwarten war.

Das Sarcolem ist mit einigen Kernen versehen, die bei niederen Wirbelthieren bekanntlich frühzeitig auch im Inneren der contractilen Substanz auftreten.

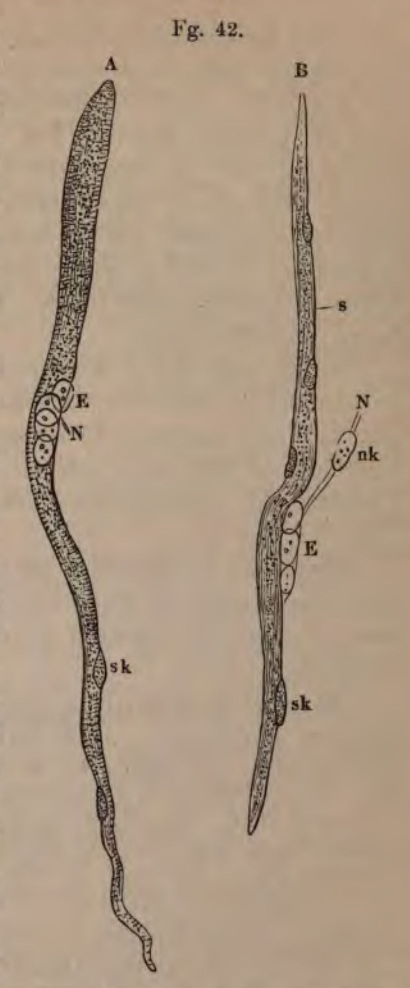
Ausser den Sarcolemkernen zeigt jede quergestreifte Muskelspindel zu einer gewissen Zeit ihrer Entwicklung noch eine besonders dichte Anhäufung von Kernen, ungefähr in der Mitte ihrer Länge, dem späteren Nerventhal entsprechend.

Diese Kern-Anhäufungen hat man bisher immer mit den Sarcolem- resp. Muskelkernen zusammengeworfen und sie in das Innere der Muskelspindel verlegt. Sie sind mehrfach abgebildet z. B. bei Kölliker (Gewebelehre, 1867. Fg. 126. 1. *a*. 2. *a*. links unten).

Man sieht aber bei genauerer Untersuchung an Präparaten, die in H. Müller'scher Flüssigkeit erhärtet wurden, z. B. bei Kaninchen-Embryonen von 35—55 Mm. Länge (und ebenso bei der Katze) Nervenfasern (Fg. 42. *N*) an diese Anfangs aus 3—4 Kernen bestehenden Endplatten herantreten. Die Form der letzteren ist länglich-oval und bietet insofern eine bemerkenswerthe Aehnlichkeit mit den schmalen Endplatten niederer Wirbelthiere, die unten erörtert werden.

Was die Dimensionen anlangt, so wurde bei einem 35 Mm. messenden Embryo die Länge der betreffenden Muskelspindeln zu 0,3 Mm., ihre grösste Dicke zu 0,0076 Mm. gefunden. Die Endplatten haben ca. 0,028 Länge, ihre Kerne 0,011 Länge auf 0,007 Breite. Bei einem 55 Mm. langen Embryo betrug die Länge einer Muskelspindel nur 0,25, die grösste Dicke 0,02, die Länge der zugehörigen Endplatte 0,019, die Länge der Endplattenkerne 0,0072 auf 0,0057 Breite und 0,0045 Dicke; die Länge der Sarcolemkerne dagegen 0,0144 auf 0,0045 Breite und Dicke.

Fg. 42.



A Muskelspindel aus den Augenmuskeln eines Kaninchen-Embryo von 35 Mm. Länge. Vergr. 400. *E* Vier Kerne der motorischen Endplatte in der Flächenansicht. *N* Kurz abgerissene Nervenfaser.
B Muskelspindel aus den Intercostalmuskeln eines 55 Mm. langen Kaninchen-Embryo. *E* Endplatte im Profil aus drei Kernen bestehend, die ausserhalb des Sarcolems liegen. *N* Nervenfaser. *nk* Kern derselben. *s* Sarcolem. *sk* Sarcolemkern. Die Querlinien beginnen am Seitenrande der Muskelspindel *A* sichtbar zu werden.

Das Sarcolem erscheint nach innen von den Kernen der motorischen Endplatte. Obgleich das Stadium, in welchem die letztere nur einen einzigen Kern enthält, noch nicht beobachtet worden ist, so unterliegt es doch keinem Zweifel, dass die Endplatte ursprünglich eine einzige Zelle repräsentirt. Letztere ist derjenigen benachbarten Zelle apponirt, die später zu der zugehörigen Muskelspindel wird. Ohne Zweifel entstehen die 7—10 Kerne, welche die Endplatte des erwachsenen Kaninchens zeigt, durch mehrfach sich wiederholende Theilungen des ursprünglichen Zellenkernes.

Aus den mitgetheilten Thatsachen der Entwicklungsgeschichte lässt

sich eine selbstständige Begründung für den Satz entnehmen: dass die motorischen Endplatten ausserhalb des Sarcolems gelegen sind.

Die Zellen, welche zu Muskelspindeln werden, müssten nämlich offenbar im Anfange tripolar sein, wenn innerhalb ihrer Zell-Membran (Sarcolem) sich die Endplatte bilden sollte. Die später doppelt-contourirte Nervenfaser würde ursprünglich den Charakter eines nahe der Mitte entspringenden, von der übrigens spindelförmigen Muskelzelle seitlich abgehenden Ausläufers haben müssen, der dann seinerseits mit anderen Zellen-Ausläufern sich zu den bekannten Plexus embryonaler Nervenfasern verbinden würde.

Nichts zeigt davon die directe Beobachtung. Die Muskelzellen sind von Anfang an länglich, sie bieten kein Spur eines seitlichen Ausläufers dar und eine einfache Ueberlegung ergibt, dass die Endplatte nicht innerhalb des Sarcolems gelegen sein kann, wenn die geforderten dritten Fortsätze der embryonalen Muskelzellen nicht existiren, wie es in der That der Fall ist.

Sieht man das Sarcolem als Cuticularbildung d. h. als Ausscheidungsproduct oder erhärtete Oberfläche der betreffenden spindelförmigen Muskelzelle an, so wird dadurch an der ganzen Sachlage nicht das Mindeste geändert.

Man findet oft die Behauptung aufgestellt, dass die Nervenfaser das Sarcolem durchbohre. Dies dürfte aber mit der Nervenfaser nicht so glatt abgehen, wie man etwa in einen Kork ein Loch bohrt. Die Nervenfaser sammt ihrem Neurilem ist doch unzweifelhaft selbst ein Zellen-Ausläufer, mag man über ihren speciellen Entwicklungsmodus denken, was man will. Wie soll es nun ein solcher Zellen-Ausläufer anfangen, in die geschlossene Membran einer anderen Zelle, wie sie das Sarcolem darstellt, hineinzukommen? Und wunderbar wäre es doch, dass jeder sich verlängernde nervöse Ausläufer immer gerade in die Mitte der Länge einer embryonalen Muskelzelle zu treffen vermöchte.

Alle diese Schwierigkeiten verschwinden, sobald man weiss, dass die Endplatten ausserhalb des Sarcolems liegen. Von je zwei embryonalen Zellen wächst die eine nach zwei entgegengesetzten Richtungen in die Länge und wird zur Muskelspindel. Die andere sendet einen Ausläufer (die spätere doppelt-contourirte Nervenfaser) nach dem Centrum, zahlreiche feinere Aeste (die blassen Terminalfasern) nach der Peripherie. Die Kerne der Endplatte haben den Werth von Neurilemkernen. Wie bei so vielen anderen Fragen der thierischen Organisation dürfte auch in diesem Falle der Entwicklungsgeschichte eine entscheidende Stimme gebühren.

Die Nervenknospen in den Muskeln des Kaninchens.

Die Anzahl der in einem Muskel enthaltenen Muskelspindeln bleibt nicht dieselbe wie sie dem Neugeborenen zukam, sondern vermehrt sich successive während des Lebens, vielleicht mit Ausschluss des höheren Alters. Die Neubildung geschieht durch Längsspaltung einer Muskelspindel, wobei die neu entstehenden Spindeln motorische Endplatten bekommen, die mit Aesten derjenigen Nervenfaser in Verbindung stehen, welche die ursprünglich sich theilende Muskelspindel versorgte. Dieser offenbar nicht sehr rasch ablaufende Entwicklungs-Vorgang führt zu einem Stadium, welches sich durch eine bedeutende Anschwellung der ursprünglich vorhandenen Muskelspindel in der Gegend, wo die Endplatte ansitzt, characterisirt.

Die Anschwellung enthält zahlreiche, meist in Längsreihen angeordnete Kerne und Nervenästchen, welche beide den Kernen und Terminalfasern der ursprünglichen Endplatte vermöge einer Vermehrung durch Theilung, resp. Zunahme an Länge und Dicke sowie Auftreten dickerer Umhüllungen von Nervenmark ihre Entstehung verdanken. Diese Wucherungen drängen sich in das Sarcolem ein, welches natürlich nicht unbetheiligt bleibt. Dasselbe wächst nämlich mit der peripherischen Ausdehnung der Muskelspindel, bekommt Furchen und Einschnürungen in der Längsrichtung. Indem dieser Vorgang sich auf die ganze Muskelspindel ihrer Längen-Ausdehnung nach fortsetzt, zerfällt erstere schliesslich in eine kleine Anzahl (z. B. sechs) neugebildeter Muskelspindeln.

Der Vorgang ist von Kölliker (Nro. 42. Nro. 49. Nro. 102. S. 174. Fg. 124) beim Frosch zuerst beschrieben worden, und die erwähnten Anschwellungen sind unter dem Namen der Kölliker'schen Nervenknospen bekannt (S. Ratte).

Beim Kaninchen (Nro. 81. S. 205) kommen die Nervenknospen bei jungen und alten Thieren hier oder da in den verschiedensten Muskeln vor.

Cavia cobaya.

Die Endplatten enthalten 6—9 Kerne (Nro. 63); zur Untersuchung sind der M. psoas und die Mm. adductores femoris empfohlen. (Abbildungen s. Nro. 63. Taf. IV. Fg. 11. 12. 13. Nro. 64. Taf. XI. Fg. 5 und 6. Nro. 68. Taf. XI. Fg. 12.)

Mus decumanus.

Im Hautmuskel der Ratte sind die Endplatten von Lüdden (Nro. 55) bereits im Jahre 1862 gesehen worden. Lüdden hielt sie für rundliche mit mehreren Kernen versehene Endkolben, welche Form nur beim Menschen

und Affen, nicht bei anderen Säugethieren vorkommt. Nach meinen Untersuchungen (Nro. 60. Nro. 66) können diese vermeintlichen Endkolben nichts Anderes als motorische Endplatten gewesen sein. Abbildungen (Nro. 74. Taf. VIII. Fg. 1. Nro. 102. S. 171. Fg. 122. u. 123 *a*).

Die Nervenknospen Kölliker's (S. 87) wurden von Kühne (Nro. 64. Taf. XI. Fg. 10) im M. psoas bestätigt. Da Kühne die Miescher'schen Schläuche nicht finden konnte (Nro. 65), so hielt er eine Verwechslung derselben mit den früher unbekannten Nervenknospen, die Kühne als „Muskelspindeln" bezeichnete, für möglich. Indessen unterscheiden sich diese parasitischen und wahrscheinlich dem Pflanzenreich angehörenden Gebilde allein schon durch ihre viel bedeutendere Grösse. Es sind bekanntlich Schläuche, die einen steifen Borstenbesatz tragen (Rainey, Leuckart, W. Krause, Zeitschr. f. prakt. Heilkunde für Norddeutschland. 1864. S. 454. Götting. Nachrichten. 1865. S. 305. Ripping, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1864. Bd. XXIII. S. 133. Taf. IX.), und mit zahllosen kleinen ovalen oder halbmondförmigen Körperchen gefüllt sind. Sie finden sich häufig innerhalb der quergestreiften Muskelspindeln der Augenmuskeln vom Pferd, Rind, Schwein, Schaf (W. Krause. Nro. 60), seltener bei Fleischfressern (Hund, Katze). Auch bei der Ratte, dem Hasen und Reh hat man sie gefunden, und was das Schwein betrifft, so sind sie bei diesem Thiere, wenigstens in der Göttinger Gegend, constant zu nennen (W. Krause, Götting. Nachrichten. 1864. S. 292. Schuchardt's Zeitschr. f. prakt. Heilkunde f. Norddeutschland. 1864. S. 454).

Mus musculus.

Die Endplatten sind im Diaphragma bequem zu unsersuchen (Nro. 66. S. 6 u. 14. Abbildung s. Nro. 74. Taf. VIII. Fg. 2).

In den meisten Muskeln der Maus sind die Nervenknospen sehr häufig. Ihre Anzahl soll etwa 1 auf 100 betragen (Nro. 65).

Bos taurus.

Die Endplatten des neugeborenen Kalbes gleichen denen des erwachsenen Thieres (W. Krause, Nro. 60). Sie enthalten zuweilen nur 4 Kerne (Engelmann, Nro. 63). Man benutzt am besten den M. retractor bulbi.

Ovis aries.

Beim Schaf (Nro. 54. Nro. 60) sind die Endplatten zuweilen oval. Die Kerne sind 0,007—0,01 Mm. lang, und bis 0,005 Mm. breit (Nro. 85).

Cervus alces.

An den Endplatten des Elenthieres (Nro. 59. Nro. 71) finden sich keine Besonderheiten.

Equus caballus.

Die Augenmuskeln sind zur Untersuchung weniger geeignet, als diejenigen kleinerer Thiere (Nro. 60).

Sus scropha domesticus.

Die Anzahl der Endplatten-Kerne kann häufig bis 20 betragen (Nro. 63). Die Terminalfasern innerhalb der Endplatten sind beim Schwein bestätigt worden (Nro. 85).

Vespertilio murinus.

Die Endplatten in den Augenmuskeln bieten nichts Besonderes dar.

Cercopithecus sabaeus.

Im M. retractor bulbi sind die Endplatten klein, haben nur wenige z. B. 5 Kerne.

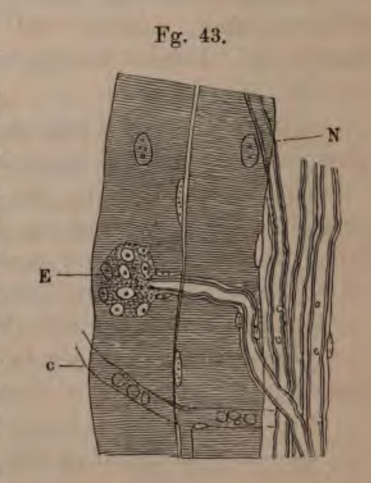
Pithecus satyrus.

Beim Orang-Outang besitzen die Endplatten der geraden Augenmuskeln 3—16 Kerne (Nro. 99. Taf. I. Fg. 4. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 4).

Homo.

Die Muskeln des Menschen sind bisher wenig untersucht worden, weil sich nicht die geringste Verschiedenheit zwischen denselben und den Endplatten der Säuger hatte auffinden lassen. (W. Krause, Nro. 54. 1863. Nro. 60. Taf. VI. Fg. 1 und 2.) Eine der citirten Abbildungen ist hier reproducirt worden (Fg. 43). Untersucht sind die Endplatten noch im M. hyothyreoideus (Nro. 68. Taf. VIII. Fg. 10), in den Vorderarmmuskeln, Mm. intercostales, pectoralis und gastrocnemii (Nro. 81. Taf. IX. Fg. 4).

Fg. 43.



Motorische Endplatte aus den geraden Augenmuskeln eines kräftigen jungen Mannes, zwei Stunden nach der Hinrichtung, ohne Zusatz. *E* Endplatte in reiner Flächenansicht. *c* Capillargefäss mit einigen Blutkörperchen sich unter den Muskelspindeln hinziehend. *N* Nervenfaser eines Stämmchens, die ebenso verläuft.

Die Kerne der Endplatten haben 0,0074 Länge, 0,0038 Breite, die doppelt-contourirten Nervenfasern 0,008, die Terminalfasern erster Ordnung 0,0038 Mm. Durchmesser.

Bei einem sechsmonatlichen menschlichen Embryo* war in den Intercostalmuskeln die Entwicklung anscheinend etwas weiter vorgeschritten, als sie beim Kaninchen (S. 85) beobachtet wurde. Die Muskelspindeln zeigten bereits Querbänder und deutliche Querlinien in ihrer ganzen Dicke; die Endplatten waren von länglicher Form, 0,015—0,023 Mm. lang bei einem Durchmesser der zugehörigen Muskelspindeln von 0,008 Mm. Die 4—6 Endplattenkerne hatten 0,0046—0,0093 Länge auf 0,0031—0,0045 Breite, sie unterschieden sich durch ihre ovale Form von den mehr länglichen des Sarcolems.

---

2. Motorische Endplatten der Vögel.

Die motorischen Endplatten der Säuger und der bisher untersuchten Vögel stimmen fast vollkommen untereinander überein. Die einzigen Differenzen beziehen sich auf die Anzahl der Kerne und die absolute Grösse, worüber die Tabelle am Schluss (Abschnitt IV. C) zu vergleichen ist.

Bei den Vögeln ist die Untersuchung im Allgemeinen etwas mehr erschwert als bei den Säugern wegen Undurchsichtigkeit der meisten Muskeln und namentlich wegen des länger isolirten Verlaufes der dunkelrandigen Nervenfasern. Man benutzt am besten den M. retractor bulbi des Huhnes oder der Taube. Die Nervenfasern hören meistens mit dichotomischen, seltener mit trichotomischen Theilungen in den Endplatten auf. Beim Huhn finden sich an den kleinsten Nervenstämmchen zuweilen Nervenknäuel.

Beschrieben sind Endplatten aus den Augenmuskeln und Vorderarmmuskeln von Gallus domesticus (Nro. 53), aus den Augenmuskeln von Columba domestica (Nro. 60), ferner bei Meleagris gallopavo, Fringilla canaria, woselbst die Zahl der Endplatten-Kerne sich bis auf 3 vermindern kann (Nro. 63), während man gewöhnlich 6—10, selten 20 derselben zählt. Ferner bei Pyrgita domestica (Nro. 62), Fringilla chloris (Nro. 66), Larus ridibundus und Falco (Nro. 99 u. Nro. 100).

Abbildungen sind gegeben vom Huhn (Nro. 60. Taf. VI. Fg. 3. Nro. 68. Taf. VIII. Fg. 4), von Meleagris gallopavo (Nro. 63. Taf. III. Fg. 10), Columba livea (daselbst Fg. 9), Larus ridibundus (Nro. 99. Taf. I. Fg. 13. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 13).

* Bei demselben Embryo waren die bisher auf ihre Entwicklung noch niemals untersuchten Endkolben der Conjunctiva in ohne Zusatz betrachteten Präparaten am besten zu erkennen, von kugliger Form und etwa 0,03 Mm. Durchmesser. Sie machten auf den ersten Anblick den Eindruck von Kern- oder Zellen-Haufen, besassen aber bereits eine wahrnehmbare Membran.

Was die Dimensionen betrifft, so sind die Endplattenkerne klein; sie messen beim Huhn nur 0,0055 Mm. Länge auf 0,0038 Breite; die dunkelrandigen Nervenfasern haben 0,007, die noch doppelt-contourirten Endäste 0,0038, die Terminalfasern erster Ordnung 0,003 Durchmesser (Nro. 60). Bei Meleagris haben die Endplattenkerne 0,005 Mm.; sie schwanken bei den Vögeln überhaupt zwischen 0,005—0,007, im Mittel 0,006 Mm. (Nro. 63).

---

3. Motorische Endplatten der Reptilien.

Lacerta agilis.

Die Nerven-Vertheilung in den Muskeln dieses Thieres ist derjenigen bei den Säugern ziemlich ähnlich. Indessen verlaufen im Vergleich zu den Augenmuskeln der Säuger die Nervenfasern über längere Strecken, und die Muskelspindeln gleichsam umspinnend. Die Anzahl der von einer Nervenfaser durch successive Theilung versorgten Endplatten ist auch eine ähnliche, wie im M. retractor bulbi der Katze. Oefters steht eine Endplatte mit einer einzigen bis 0,01 Mm. messenden Primitivfaser in Verbindung (Fg. 44, 45, 47, 48, 49); in anderen Fällen treten zwei oder drei aus einer letzten Theilung hervorgegangene doppelt-contourirte Nervenfasern in die Endplatte.

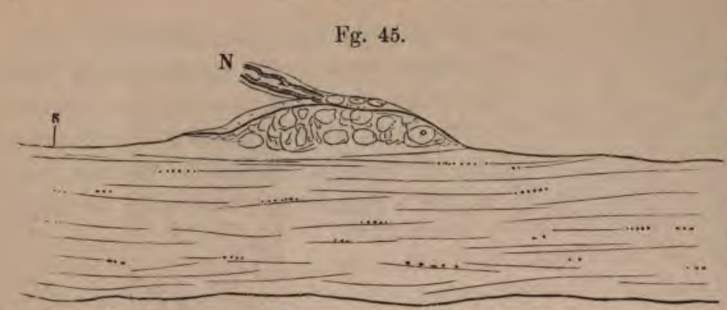
Die Form der Endplatten ist die einer rundlichen Scheibe. Die Dicke derselben ist sehr gering (Fg. 44). Die motorische Endplatte liegt in einem flachen Nerventhal des Sarcolems ausserhalb des letzteren, und es ist seltener als bei den Säugern, dass die Muskelspindel an der betreffenden Stelle vollkommen cylindrisch, oder nicht im Geringsten concav eingebogen erscheint, wenn man die nöthige Vorsicht bei der Präparation anwendet, um nicht mittelst der ansitzenden Nervenfaser das Sarcolem zu einem kleinen Hügel (Fg. 45) herauszuzerren.

Diese Ansichten haben einige Beobachter verleitet die Endplatten innerhalb des Sarcolems zu verlegen, resp. einen sog. Nervenhöcker oder Nervenhügel anzunehmen, wobei auch zufällige Rupturen des letzteren in der Gegend des Nerventhals mitgewirkt haben mögen.

Fg. 44.

Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch, ohne Zusatz. Vergr. 700. Reine Profilansicht. Die Querstreifung schematisch. *N* Nervenfaser. *E* Endplatte.

Fg. 45.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Natron. Vergr. 700. Das Sarcolem ist zu einem Hügel emporgehoben, unter welchem die Kerne der Endplatte durchschimmern und scheinbar innerhalb des Sarcolems liegen. Die wahre Dicke der Platte ist sehr gering. *N* Nervenfaser. *s* Sarcolem.

Jede Muskelspindel erhält nur eine einzige Endplatte etwa in der Mitte ihrer Länge, was in den Intercostalmuskeln am besten zu constatiren ist. Die Grösse der Endplatten wechselt nach den verschiedenen Muskeln oder in demselben Muskel des Thieres; die kleinsten finden sich in kleinen Muskeln und an dünnen Muskelspindeln; die grössten, wie sie z. B. in den Augenmuskeln vorkommen, können mit einer hundertfachen Vergrösserung bequem wahrgenommen werden. Die Anzahl der Endplatten-Kerne schwankt zwischen 5—12; ihr Durchmesser beträgt 0,0045—0,006 Mm.

Im frischen Zustande sieht man in der Endplatte ausser ihren Kernen nur eine feinkörnige Masse, die auch bei sehr starken Vergrösserungen nichts weiter erkennen lässt. Ebenso wenig gelingt es in der reinen Profilansicht sei es auf dem Längsschnitt (Fg. 44) oder auf dem Querschnitt (Fg. 46) etwas Bestimmteres wahrzunehmen. Einige Zeit nach dem Tode, wenn die Muskeln in Folge der Zersetzung schwach sauer reagiren, bildet sich eine Art von unregelmässig netzförmiger Gerinnung in der feinkörnigen Substanz, deren Ränder wie bei der Katze (Nro. 89. Taf. X. Fg. 1) gezackt erscheinen können. In anderen Fällen fliesst Nervenmark in die Platte hinein und erzeugt manchmal sehr wunderbare Figuren. Letzteres kommt aber auch bei ganz frischen Muskeln in Folge unvorsichtiger Manipulation nur zu leicht vor. Eines oder das andere von diesen Kunstproducten dürfte den Beschreibungen zu Grunde liegen, die man von einer sog. Nervenendplatte (Fg. 47) innerhalb der wirklichen Endplatte gegeben hatte.

Fg. 46.

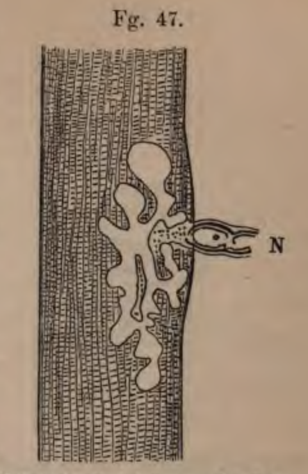


Muskelspindel aus den Intercostalmuskeln von Lacerte agilis im Querschnitt. Frisch mit Wasser. Vergr. 1000. Die Nervfaser theilt sich vor ihrem Eintritt in die Endplatte in zwei doppelt-contourirte Aeste. *N* Nervenfaser. *E* Motorische Endplatte. S. auch Fg. 8.

Bessere Methoden entscheiden die Frage nach der Nerven-Endigung innerhalb der Endplatten wie bei den Säugern. (S. oben, Katze). Legt man nämlich die Intercostalmuskeln ganz frisch etwa 2 Stunden lang in Chlorwasserstoffsäure von 1 : 700, so ändert sich das Aussehen der Platte.

Dieselbe wird durchsichtiger, lässt nur einzelne grössere Körnchen erkennen; die Kerne sind dunkler oder granulirt geworden. In der Flächenansicht (Fg. 48) sieht man die Nervenfaser in zwei oder mehrere blasse Terminalfasern erster Ordnung von etwa 0,001 Mm. Dicke übergehen, welche zahlreiche Aeste (Terminalfasern zweiter Ordnung) abgeben, die schliesslich mit kleinen kolbenförmigen Anschwellungen aufhören. Netzförmige Verbindungen unter den Aesten kommen niemals vor. In der Profilansicht zeigen die so behandelten Endplatten eine ähnliche feine gegen das Sarcolem gerichtete Zähnelung, wie sie oben (S. 75. Fg. 40) von der Katze beschrieben wurde. Sie wird durch die dicht gedrängten knopfförmigen Enden der blassen Terminalfasern zweiter Ordnung bedingt, die jedoch etwas weiter von einander entfernt bleiben, als bei den Säugern.

Fg. 47.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Wasser, Flächenansicht. Vergr. 700. Die contractile Substanz ist fibrillär getrübt; die motorische Endplatte mit Nervenmark gefüllt, welches aus der Nervenfaser *N* hineingeflossen.

Behandelt man die Intercostalmuskeln 1—2 Stunden lang mit Goldchlorid (1 : 1000), so färbt sich bei nachträglicher Reduction im Tageslichte die contractile Substanz ziemlich dunkel. Auf derselben erkennt man dann die noch intensiver gefärbten Terminalfasern, welche ganz dasselbe Bild geben, wie es so eben aus den Salzsäure-Präparaten beschrieben wurde. Auch die Kerne der Endplatte, sowie das Mark der dunkelrandigen Nervenfaser färben sich schwarz. Mitunter ist die Nervenverästelung weniger reichhaltig und dann findet man knopfförmig endigende Terminalfasern erster Ordnung (Fg. 49). Wendet man concentrirtere Lösungen von Goldchlorid an, so färbt man die ganze scheinbar feinkörnige Masse der blassen Terminalfasern zweiter Ordnung ebenfalls dunkel.

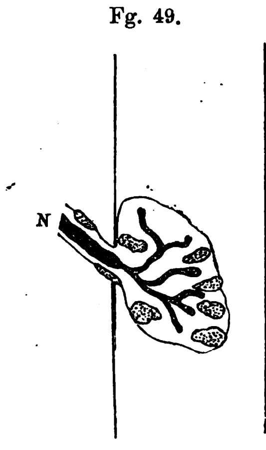
Fg. 48.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Nach zweistündigem Einlegen in Chlorwasserstoffsäure von 1 : 700 Flächenansicht; Vergr. 700. Der Sarcolemschlauch ist leer. Die Nervenfaser endigt mit zwei blassen, vielfach verzweigten Terminalfasern. *N* Nervenfaser.

Die Reichhaltigkeit der Nerven-Verästlung innerhalb der motorischen Endplatte ist einigermassen verschieden. Die abgebildeten Figuren zeigen einfachere Verhältnisse, öfters sind die Terminalfasern zweiter Ordnung noch zahlreicher, dichter gedrängt und zugleich feiner, ohne

Fg. 49.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Nach zweistündigem Einlegen in Goldchlorid von 1 : 1000 und 24stündiger Reduction in Wasser. Von der dunkelgefärbten Muskelspindel sind nur die Contouren des Sarcolems angegeben. Vergr. 700. Flächenansicht, in welcher die Endplatte dunkel gefärbte verästelte Terminalfasern zeigt. *N* doppelt-contourirte Nervenfaser.

dass sonstige Modificationen an der Endplatte wahrzunehmen wären.

Zur Untersuchung empfehlen sich am meisten die Intercostalmuskeln. In ganz frischem Zustande ohne Zusatz bilden sie ein ausgezeichnet klares durchsichtiges Object, in welchem die Endplatten mit grösster Leichtigkeit sich zählen lassen. Man constatirt dabei mit Leichtigkeit, dass jede Muskelspindel nur eine einzige Endplatte im mittleren Theile ihrer Länge erhält. Fast alle Muskeln des zierlichen Thieres sind in gleicher Weise geeignet.

Abbildungen sind schon mehrfach gegeben worden (Nro. 68. Taf. VIII. Fg. 1—3. Taf. IX. Fg. 1. Nro. 71. Taf. XII. Fg. 23. Nro. 92. Taf. V. Fg. 2. Nro. 93. S. 414. Nro. 99. Taf. I. Fg. 15. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 14). Alle diese Abbildungen betreffen Lacerta agilis, welche bisher allein untersucht zu sein scheint. Kühne (Nro. 75. Taf. XIV. Fg. 19. Nro. 109. S. 159. Fg. 36) hat zwar angeblich Endplatten von Lacerta viridis untersucht, wahrscheinlich in der Meinung, jede grüne Eidechse müsse Lacerta viridis heissen. Es dürfte jedoch eine Täuschung vorliegen, welche durch die Farbe der Männchen von Lacerta agilis veranlasst wurde. Auch Nervenknospen sind beobachtet (Nro. 75. S. 445. Taf. XIV. Fg. 6).

Chamaeleon africanus.

Die Endplatten sind denjenigen der Eidechse sehr ähnlich und ganz besonders deutlich (Nro. 83. Nro. 95).

Anguis fragilis.

Die Endplatten der Blindschleiche sind denen von Lacerta agilis ähnlich; die Anzahl der 0,006—0,008 Mm. grossen Kerne beträgt 7—8 (Nro. 63).

Tropidonotus natrix.

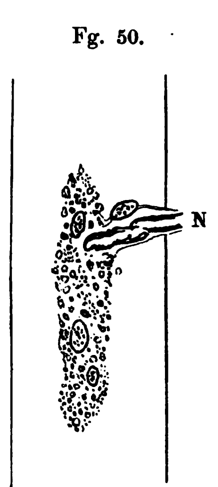
Dasselbe gilt von der Natter, namentlich auch in Betreff der Terminalfasern; die Anzahl der Endplattenkerne beträgt meist 6—10; ihre Dimensionen sind dieselben wie bei Anguis. (Abbildung s. Nro. 63. Taf III. Fg. 7). Auch Nervenknospen sind beobachtet (Nro. 81. S. 205. Taf. IX. Fg. 1).

Testudo graeca.

Die Endplatten sind klein und längsoval; die grosse Axe der Ellipse

liegt in der Längsrichtung der Muskelspindel (Fg. 50). Diese Form der Endplatten ist interessant, weil sie den Uebergang bildet von den rundlichen Endplatten der höheren Wirbelthiere zu den sehr in die Länge gezogenen der Amphibien und Knochenfische. Die Anzahl der Endplattenkerne beträgt nur 2—3 (Nro. 63. Taf. III. Fg. 8).

Fg. 50.



Motorische Endplatte aus den Vorderarmmuskeln von Testudo graeca, nach Einlegen in 3%ige Essigsäure. Die Querstreifung ist nicht angegeben. Vergr. 700. Die Endplatte erscheint in reiner Flächenansicht und ist von sehr länglicher Form. *N* Nervenfaser.

---

4. Motorische Endplatten der Amphibien.

Rana temporaria und esculenta.

Beim Frosch ist der Brusthautmuskel bei weitem das geeignetste Object zum Studium der Nerven-Endigungen. Der Muskel erhält bekanntlich ein an seiner lateralen Seite eintretendes aus dem Plexus brachialis stammendes Nervenstämmchen von 7—10 doppelt-contourirten Nervenfasern. Dieselben vermehren sich durch wiederholte Theilungen auf 290—340 Endäste, welche für die etwa 160—180 an Zahl betragenden Muskelspindeln bestimmt sind. Die Enden liegen stets im mittleren Drittel der Länge der letzteren.

Das Bild, welches man durch kurzdauerndes Einlegen des ganzen Muskels in 10%ige Kalilauge (Nro. 22) erhält, lässt sich am besten mit der Ansicht der Aeste eines grossen unbelaubten Baums etwa einer Linde vergleichen.

Die Nervenfaser, sowie die Stämmchen derselben verlaufen im Allgemeinen quer zur Längsrichtung des Muskels. Dasselbe gilt auch von vielen der feinsten Endäste. Indessen kommen mehrfache Plexusbildungen vor, wobei die Nervenfasern parallel den Muskelspindeln sich erstrecken. In Folge der häufigen Theilungen bietet der mittlere Abschnitt des Muskels eine ausserordentlich reichhaltige Nerven-Verzweigung dar. In den übrigen Theilen des ersteren findet man nur einzelne, feinere und über lange Strecken verlaufende Nervenfibrillen, die nicht im Muskel endigen und ohne Zweifel sensibler Natur sind.

Die aus den letzten Theilungsstellen hervorgehenden Nervenfasern sind stets nur kurz und verlaufen in sehr gestreckter Richtung zu einer Muskelspindel, an welcher sie endigen. Aus den Theilungen gehen 2—3—4—5 doppelt-contourirte von Neurilem bekleidete Nervenfasern

hervor. Dieselben verlaufen meistens quer, mitunter jedoch auch parallel mit ihrer zugehörigen Muskelspindel. Die dichotomische Theilung ist die häufigste, sie wird in etwa 30 % aller Fälle von Theilung angetroffen; die Spaltung in 4 oder 5 Aeste dagegen ist selten. Manche Muskelspindeln erhalten übrigens nur eine einzige doppelt-contourirte Nervenfaser, wie schon aus den oben angeführten Zählungen sich ergibt.

An dem frisch ohne Zusatz untersuchten Muskel kann man die doppelt-contourirten Nervenfasern nur bis zu einem feinen zugespitzten oder etwas verbreiterten Ende verfolgen, wenn eine Muskelspindel über oder unter der Endigung liegt. Auch mit den besten optischen Hülfsmitteln lässt sich in solchen Flächenansichten nichts Genaueres ermitteln. Aus diesem und anderen Gründen sind die Froschmuskeln das ungeeignetste Object, welches man zur Aufsuchung von Nerven-Endigungen, die man noch nicht kennt, möglicherweise wählen kann.

Achtet man dagegen auf Nervenfasern, deren Endäste sich parallel dem Sarcolem ihrer zugehörigen Muskelspindel hinziehen, so erhält man Ansichten, welche der Profilansicht von motorischen Endplatten entsprechen. Man sieht nämlich (wie beim Salamander Fg. 51) eine äusserst flache, lang gestreckte Einbiegung des Sarcolems, die dem Nerventhal die übrigen Wirbelthiere entspricht. In demselben liegen einige kleine Kerne längs des Sarcolems aber ausserhalb des letzteren, die durch eine feine Contour verbunden werden. Letztere ist der optische Ausdruck der Bindegewebsmembran einer motorischen Endplatte.

Fg. 51.

N

Motorische Endplatte aus den Vorderarmmuskeln von Salamandra maculata, frisch, ohne Zusatz. Reine Profilansicht einer langen, mit drei Kernen versehenen Endplatte. Vergr. 700. *N* Nervenfaser. Die Querstreifung ist schematisch.

Legt man den Brusthautmuskel in Chlorwasserstoffsäure (1 : 700 — 1 : 1000), so findet man nach 2—6 Stunden die Muskelspindeln zu platten Bändern zusammengesunken. Die contractile Substanz ist an den durchschnittenen Enden der Muskelspindeln ausgeflossen, der Sarcolemschlauch ist vollständig leer bis auf einige kleine Fettkörnchen und die Querstreifung natürlicher Weise verschwunden. Auch die Muskelkerne pflegen meistens, aber nicht in allen Fällen mit auszufliessen. Die Wände des Sarcolemrohres liegen dicht auf einander und keine Kunst vermag diese Muskelspindeln vor vollständiger Abplattung zu bewahren, da die leeren Schläuche in sich zusammensinken müssen.

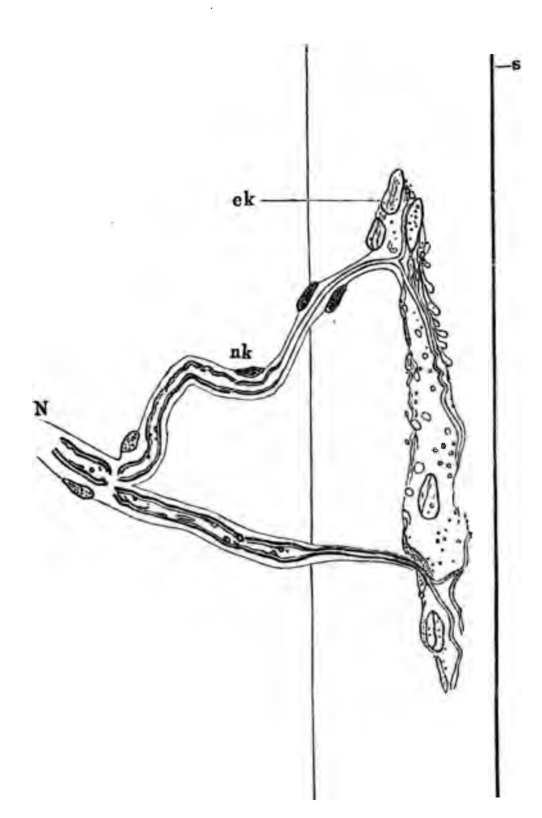
An den so behandelten Muskelspindeln erhält man nun zwar niemals

unveränderte Profilansichten, wesshalb man über das Lage-Verhältniss der Endplatten zum Sarcolem unter diesen Umständen nicht urtheilen kann. Man findet dafür die schönsten Flächenansichten, und hier fällt vor Allem das von dem Verhalten bei höheren Wirbelthieren abweichende Factum auf, dass die motorischen Endplatten sehr lang und dabei schmal sind.

Wenn die Endplatten der höheren Thiere dem runden Blatt von Tropaeolum verglichen worden sind, so ähneln die des Frosches meistens einem Weidenblatt.

Aus den doppelt-contourirten Nervenfasern entstehen durch Theilung innerhalb der Endplatte blasse Terminalfasern erster Ordnung. Dieselben verzweigen sich durch successive Abgabe von viel feineren Endästen, den Terminalfasern zweiter Ordnung. Letztere sind zuweilen länger (Fg. 52) und mehr gebogen, meist ganz kurz (Fg. 53) und quer auf die Längsrichtung der Muskelspindel gestellt. Die längeren Terminalfasern erster Ordnung dagegen erstrecken sich in der Längsrichtung der Muskelspindeln, sie verlaufen öfters wellenförmig geschlängelt, was nur von dem sich Zusammenziehen des leeren, seiner Elasticität folgenden Sarcolemrohres abhängig sein dürfte. Oefters aber finden sich Ausbuchtungen, die dem Vorhandensein von mehr kugligen kurzen Auswüchsen ihre Entstehung verdanken. Letztere entsprechen sehr kurzen Terminalfasern zweiter Ordnung (Fg. 53). Die ganze Nervenausbreitung ist unglaub-

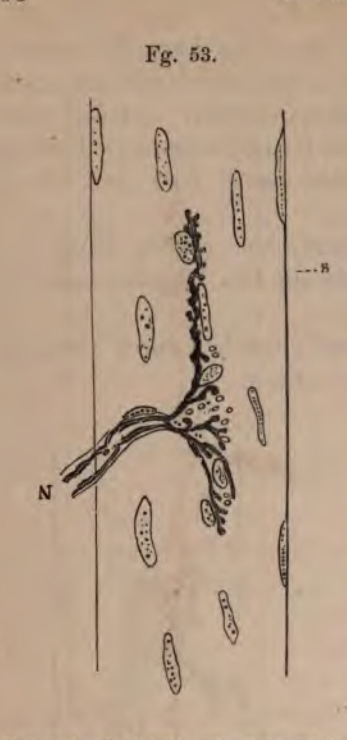
Fg. 52.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Letzte Muskelspindel des medialen Randes. Nach zweistündigem Einlegen in Chlorwasserstoffsäure (1 : 700). Das Sarcolemrohr ist leer. Vergr. 1000. *N* Nervenfaser, die sich in zwei von Neurilem bekleidete anfangs doppelt-contourirte, nacher blass werdende Fibrillen theilt. Aus letzteren gehen blasse Terminalfasern hervor. *nk* Kern des Neurilems. *ek* Kern der Endplatte. *s* Sarcolem.

lich reichhaltig aber sehr blass. Ausser den Terminalfasern finden sich einzelne kleine, gegen Chlorwasserstoffsäure etc. resistente Körnchen, die aus Rücksicht auf ihr Lichtbrechungsvermögen wohl für Fett angesprochen werden müssen.

Fg. 53.



Motorische Endplatte aus dem medialen Rande des Brusthautmuskels vom Frosch. Nach mehrstündigem Einlegen in Chlorwasserstoffsäure (1 : 700). Die Muskelkerne haben sich zum Theil noch erhalten. Die Verzweigung der blassen Terminalfasern zweiter Ordnung ist reichhaltig. Vergr. 1000. *N* Nervenfaser. *s* Sarcolem.

Die Terminalfasern zweiter Ordnung hören meistens mit kleinen knopfförmigen Endanschwellungen auf, welche in der Profilansicht eine gegen die Längsaxe der Muskelspindel gerichtete freie Zähnelung bedingen. Sie dürfen nicht mit den erwähnten Fettkörnchen verwechselt werden.

Für die Untersuchung in Chlorwasserstoffsäure sind ausschliesslich diejenigen Endplatten geeignet, welche an den letzten drei oder vier Muskelspindeln des medialen Randes vom Brusthautmuskel haften. Den eigenthümlichen Vorzug einer leicht isolirbaren Muskelplatte, die nur aus einer einzigen Lage (Nro. 14) quergestreifter Spindeln besteht, hat diese Stelle vor den übrigen Froschmuskeln und den meisten Muskeln anderer Wirbelthiere voraus. Rathsam ist es Frösche von 6—7 Cm. Rumpflänge zu benutzen.

Nach dem Gesagten ergibt sich eine vollständige Analogie des Verhaltens der Nerven-Endigung im Muskel zwischen höheren und niederen Wirbelthieren. Die motorischen Endplatten des Frosches bestehen aus einer Bindegewebsmembran, welche dem Nerventhal des Sarcolems aufliegt. Dieselbe enthält 3—5 Kerne, ein wenig feinkörnige Substanz und zahlreiche blasse Terminalfasern. Der einzige Unterschied besteht in der langgestreckten Form dieser grossen aber schmalen Endplatten; den Uebergang zwischen höheren und niederen Wirbelthieren bilden die Endplatten der Schildkröte (S. 95. Fg. 50).

Jedoch entsprechen nicht alle Endplatten des Frosches der oben gegebenen Beschreibung.

Legt man den Brusthautmuskel zwei Stunden lang in Goldchlorid (1:1000), dann 24 Stunden bei einer Temperatur von 20^0 meist bei hellem Tageslichte in Chlorwasserstoffsäure (1 : 1000), so färben sich die Muskelspindeln violett, die Muskelkerne dunkel und ebenso die doppelt-contourirten

Nervenfasern. Die blassen Terminalfasern werden ebenfalls schwarz gefärbt; sie bieten ein verschiedenes Verhalten dar.

Entweder zeigen sie sich auf der Flächenansicht genau in derselben Weise (Fg. 54), wie es oben von Chlorwasserstoffsäure-Präparaten beschrieben wurde (Fg. 53). Oder die Nerven-Verzweigung ist eine viel sparsamere, die blassen Terminalfasern erster Ordnung bleiben unverästelt, so dass Terminalfasern zweiter Ordnung ganz fehlen (Fg. 55. Fg. 56). Die letzteren Fälle haben manchen bisherigen Abbildungen zu Grunde gelegen; die sog. Nervenendknospen sind zum Theil Kerne der motorischen Endplatte.

Fg. 54.

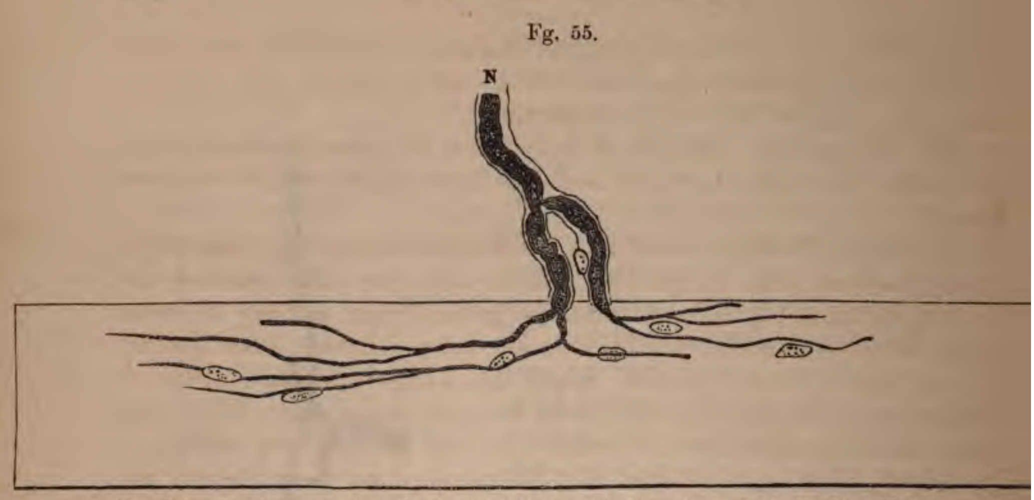
Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches, in Flächenansicht. Nur die Contouren der Muskelspindel, die Nervenfaser und die blassen Terminalfasern sind angegeben. Durch zweistündiges Einlegen in Goldchlorid von 1:1000 und 24stündiges in Chlorwasserstoffsäure (1 : 1000) sind die genannten Form-Elemente dunkel gefärbt. Vergr. 1000. *N* Nervenfaser. *ek* Kern der Endplatte.

Durch Zerfasern kann man die mit Chlorgold behandelten Muskelspindeln isoliren. Sie werden dadurch gehärtet und sind durch Druck nicht abzuplatten. Man vermag daher leicht reine Profilansichten zur Ansicht zu bringen (Fg. 57). Wieder tritt für Diejenigen eine Ueberraschung ein, welche die Endplatten innerhalb des Sarcolems gelegen glauben und eine halbe Flächenansicht mit einer reinen Profilansicht zu verwechseln geneigt sind. Das erstere Bild (Fg. 54) verschwindet nämlich und man sieht nur noch ausserordentlich dünne schwarzgefärbte Terminalfasern sich längs des Randes der Muskelspindel erstrecken (Fg. 57).

Legt man den M. rectus internus major eines Frosches von 6—7 Cm. Rumpflänge eine halbe Stunde lang in concentrirte Oxalsäure-Lösung, kocht ihn dann eine Minute lang in destillirtem Wasser, so lässt sich der Muskel leicht in seine Spindeln spalten. Jede der letzteren erhält nur eine einzige Endplatte ungefähr in der Mitte ihrer Länge, jedenfalls im mittleren Drittheil des parallelfasrigen Muskels, dessen Enden nervenfrei sind.

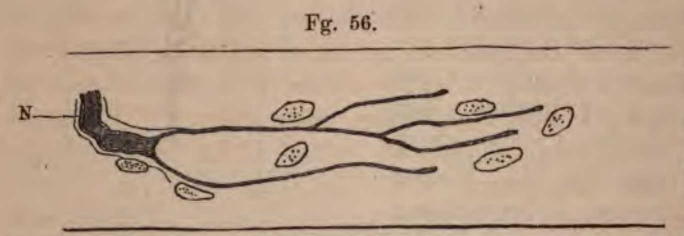
Wie bei den Säugethiermuskeln (S. oben Katze S. 72) erhalten sich die Querlinien der Muskelspindeln in Oxalsäure. Die letzteren behalten ihre cylindrische Form, die Muskelkerne sowie das Sarcolem bleiben unverändert und das Nerventhal erscheint in der reinen Profilansicht als

Fg. 55.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Alles wie in Fg. 54. Flächenansicht. Die blassen Terminalfasern erster Ordnung sind unverästelt.

Fg. 56.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Alles wie in Fg. 54. Flächenansicht. Die blassen Terminalfasern erster Ordnung sind unverästelt. Die doppelt-contourirte Nervenfaser tritt ausnahmsweise an dem einen Ende in die Endplatte.

langgestreckte, sehr flache Einbiegung. Die Querlinien hängen im Nerventhal continuirlich mit dem Sarcolem zusammen, wie an den Spin-

Fg. 57.



Dieselbe Muskelspindel mit Endplatte von Fg. 54. Nach Rotation um die Längsaxe der ersteren erscheint die motorische Endplatte in reiner Profilansicht. Die contractile Substanz ist violett, dieselbe sowie die Muskelkerne sind gezeichnet. Von der Endplatte sind nur zwei feine dunkelgefärbte Terminalfasern *tt* sichtbar. Sie endigen bei *s*, wo das Sarcolem beginnt erkennbar zu werden. An der Endigung der doppelt-contourirten Nervenfaser liegt ein im Holzschnitt zu dunkel gehaltener Kern.

deln des M. retractor bulbi der Katze (S. 72. Fg. 37) und damit ist der Beweis geliefert, dass auch beim Frosch sowie bei der Katze und der Eidechse die Endplatten ausserhalb des Sarcolems liegen. Da die Muskelspindeln beim Frosch eben so wohl aus einer einzigen embryonalen Zelle

hervorgehen, wie bei den Säugern und höheren Wirbelthieren überhaupt, so war das angegebene Lage-Verhältniss mit Rücksicht auf die Entwicklungsgeschichte (S. 108) vorauszusagen.

Im M. sartorius sind die in Betreff des M. rectus internus major erwähnten Thatsachen fast eben so leicht festzustellen wie im letzteren Muskel.

In beiden Muskeln sowie auch im Brusthautmuskel und namentlich in den Augenmuskeln des Frosches gibt es noch eine andere dünnere Art von Muskelspindeln, die sich von den gewöhnlichen dickeren zunächst durch ihren geringeren Querdurchmesser unterscheiden. Ohne Zweifel sind es jüngere Muskelspindeln, welche aus Längstheilungen durch Vermittlung von Nervenknospen (S. unten) hervorgegangen sind. Diese dünneren Muskelspindeln hat man früher (Nro. 41) für nervenlos erklärt.

In Wahrheit aber erhalten dieselben eben so gut Nervenfasern, wie die gewöhnlichen breiteren Muskelspindeln. Nur sind die Nervenfibrillen welche an sie herantreten feine, von Neurilem bekleidete blasse Fasern, und ihre zugehörigen motorischen Endplatten von viel geringeren Dimensionen. Die Form der letzteren ist mehr rundlich, Myrtenblatt ähnlich. Von diesen kleineren Endplatten des Frosches, die zuerst genau bekannt geworden sind, wurden schon früher (W. Krause, Nro. 66) mehrere Abbildungen gegeben, von denen eine hier reproducirt wird (Fg. 58). Diese Endplatten enthalten etwas feinkörnige Substanz; sie haben meist nur einen Kern; offenbar wachsen sie allmälig unter der Dickenzunahme der zugehörigen Muskelspindeln, wenigstens findet man (Nro. 66. S. 11) Uebergänge durch etwas grössere Endplatten zu den gewöhnlichen Weidenblatt-ähnlichen Formen. Bei Fröschen einer gewissen Altersstufe scheinen sie häufiger zu sein; wenigstens würde sich so erklären, dass man die langgestreckten Mittelformen, welche 2—3 Kerne enthalten, für die Norm angesehen hat (Nro. 99. Taf. I. Fg. 10. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 9).

Fg. 58.

N

ek

Muskelspindel aus dem M. sartorius des Frosches, durch 0,01⁰/₀ige Schwefelsäure und späteres Erwärmen auf 35⁰ während 24 Stunden isolirt. Vergr. 300. Von der wahrscheinlich etwas zu breit gezeichneten Muskelspindel sind nur die Contouren angegeben. *N* feine doppelt-contourirte Nervenfaser, die frei flottirt. *ek* Kern der Bindegewebsmembran der Endplatte. Reine Profilansicht.

Ueber die Dimensionen der Endplatten selbst ist die Tabelle (Abschnitt IV. C) zu vergleichen. Die Grössen-Verhältnisse sind schwankend: die kleinen Myrtenblatt-förmigen haben 0,015—0,02 Mm. Durchmesser, die Uebergangsformen 0,026—0,05, die Weidenblatt-förmigen

0,06—0,24, im Mittel 0,1—0,12 Länge auf 0,015—0,03 Breite. Die Dicke ist stets sehr gering, 0,002—0,003 Mm. Die Endplattenkerne haben 0,007—0,01 Mm. Länge, auf 0,004—0,006 Breite und 0,015—0,002 Dicke. Die grösseren Kerne kommen im Allgemeinen den grösseren Endplatten zu. Die isolirt verlaufenden Nervenfasern haben etwa 0,002—0,004 Mm. Durchmesser, die ebenfalls doppelt-contourirten Endäste, welche zu den Weidenblatt-förmigen Endplatten treten, 0,002, die von Neurilem bekleideten blassen Endfasern, von welchen die Myrtenblatt-förmigen Endplatten versorgt werden, nur 0,0008—0,0012 Dicke. Die blassen Terminalfasern der Weidenblatt-förmigen Endplatten haben bis 0,002 Durchmesser, die Terminalfasern zweiter Ordnung nur 0,0008 Mm. Dicke, während ihre Länge bis 0,03 betragen kann. Ihre knopfförmigen Endanschwellungen messen 0,001 Mm.; ebensoviel die grössten Körnchen der sparsamen feinkörnigen Substanz. Die kleinen Myrtenblatt-förmigen Endplatten sind im ganz frischen Muskel ohne Zusatz, sowie nach Einlegen in 3 % ige Essigsäure oder Behandlung mit Schwefelsäure von 0,01 % ebenfalls nachweisbar.

Manchmal sieht man von den grösseren Endplatten bei den letzterwähnten Behandlungsmethoden nur kleine Theile, die dann den Eindruck machen, als ob mehrere kleine Endplatten sich an die Muskelspindel inserirten. Diese Fälle haben zu der Annahme (Nro. 66) Veranlassung gegeben, dass die Froschmuskelspindeln durch eine Anzahl von Endplatten versorgt würden. Es geschah dies im Anschluss an die ganz allgemein verbreitete Ansicht, dass beim Frosch die Nervenfasern an mehreren Stellen mit den zugehörigen Muskelspindeln in Verbindung zu treten pflegten. Letzteres ist ein Irrthum, der zum Theil darauf beruht, dass die zwischen zwei scheinbar getrennten kleinen Endplatten (Nro. 66. Taf. I. Fg. 3 und 4) gelegenen Theile der Endplatten am frischen Präparat nicht erkannt werden konnten. Durch Hülfe der sehr verdünnten Chlorwasserstoffsäure lassen sich diese Fälle jetzt dahin erläutern, dass zwei oder mehrere von Neurilem bekleidete Nervenfasern sich in eine schmale langgestreckte Endplatte einsenken (Fg. 52).

Nervenknospen wurden im Brusthautmuskel von Kölliker (Nro. 42) entdeckt; ihre Anzahl beträgt 3—5; ihr Bau ist derselbe wie bei den Wirbelthieren (S. Kaninchen, S. 87).

Hyla arborea.

Die Endplattenkerne sind länglich elliptisch, wie bei Rana esculenta (Nro. 63).

Bombinator igneus.

Die Endplatten gleichen denen von Rana temporaria; die Anzahl der Terminalfasern kann bis 15—20 betragen; diejenige der Kerne beschränkt

sich öfters auf 2—3; die letzteren sind zuweilen fast kreisrund (Nro. 63. Taf. II. Fg. 3. Taf. III. Fg. 5. Nro. 64. Taf. XI. Fg. 11. Bei *c* soll in dieser letzteren Figur eine Terminalfaser im Inneren der Muskelspindel verlaufen und zwar so, dass sie ungefähr um ein Viertel der Gesammtdicke der Muskelspindel in die contractile Substanz eingebettet erscheint). Es kommen auch sehr kleine, kreisförmige oder längliche Endplatten vor (Nro. 85).

Fg. 59.



Motorische Endplatte aus den Vorderarmmuskeln von Salamandra maculata, frisch, ohne Zusatz. Vergr. 700. Reine Profilansicht einer langen, mit Kernen versehenen Endplatte. *N* Nervenfaser. Die Querstreifung ist schematisch.

Triton palustris.

Die Nervenfasern sollen keine Theilungen von ihrem Herantreten an die Muskelspindel darbieten (Nro. 63).

Salamandra maculata.

Die doppelt-contourirten Nervenfasern sind ziemlich fein. Die Endplatten des Salamanders verhalten sich wie beim Frosch (Nro. 109) und sind auch im frischen Zustande auf der Profilansicht (Fg. 59) zu constatiren.

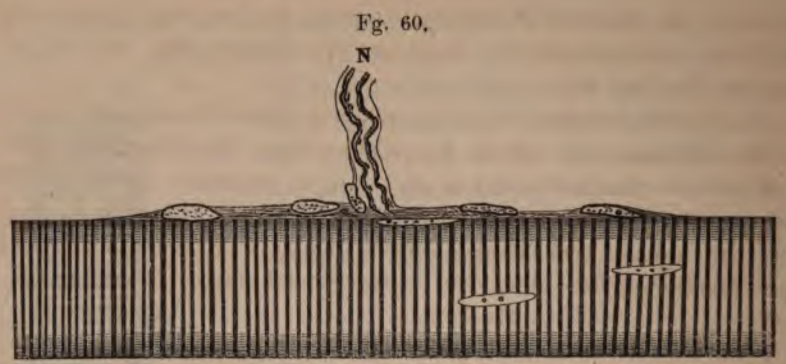
---

5. Motorische Endplatten der Knochenfische.

Die Nerven-Endigung in den Muskeln von nackten Amphibien und Knochenfischen verhält sich in jeder Beziehung ebenso wie beim Frosch. Ein besonders geeignetes Untersuchungsobject ist noch nicht ausfindig gemacht; im Allgemeinen sind die Seitenmuskeln und die Augenmuskeln am besten zu benutzen. Letztere erhalten kleinere Endplatten. Bemerkenswerth ist die grosse Anzahl der von einer einzigen Stammfaser abhängigen Muskelspindeln; man findet Fälle in denen die Anzahl der letzteren 50 beträgt (Nro. 63). Die blassen von Neurilem bekleideten Nervenfasern, welche die kleineren Endplatten versorgen, haben etwa 0,0012 Mm. Dicke.

Untersucht sind: Esox lucius (Nro. 58), Perca, Leuciscus, Anguilla, Cyprinus, Tinca (Nro. 63). Abbildungen finden sich von einer kleinen Endplatte mit einem Kern aus den Augenmuskeln des Hechtes (Nro. 66. Taf. II. Fg. 8), von einer grösseren (Nro. 71. Taf. IX. Fg. 17); indessen kommen, was schon früher (Nro. 108) bemerkt wurde, auch ganz ähnliche

Fg. 60.



Motorische Endplatte aus den Seitenmuskeln des Hechtes, frisch, ohne Zusatz. Vergr. 600. Die Querstreifung ist schematisch; die Endplatte erscheint in Profilansicht, doch ist dieselbe nicht rein, da die wahre Dicke eine geringere ist. Der Eintrittsstelle der Nervenfaser liegt ein Kern am Sarcolem gegenüber. *N* Nervenfaser.

mit 4—5 Kernen vor wie beim Frosch (Fg. 60). Diese grossen Endplatten sind lang, schmal und sehr dünn, ihre Längsaxe liegt stets in der Längsrichtung der Muskelspindel. Uebergangsformen mit 2—3 Kernen sind häufig.

Von mir wurden untersucht Esox lucius, Cyprinus carpio (Nro. 66), Leuciscus dobula, Osmerus eperlano-marinus, Clupea harengus und unter den Schollen ein Exemplar von Platessa, dessen Species ich nicht bestimmen konnte.

---

6. Motorische Endplatten der Knorpelfische.

Petromyzon fluviatilis.

Die rundlichen Endplatten sind schwer zu sehen, es finden sich auch kleinere Formen (Nro. 59. Nro. 71); im Ganzen sind aber die Verhältnisse ähnlich wie bei Torpedo. Die Endplattenkerne haben etwa 0,004 Länge auf 0,0025 Breite und 0,0012 Mm. Dicke.

Torpedo Galvanii.

Lebend übersendete Exemplare dieses in seiner Art einzigen Untersuchungsobjectes erhielt ich im September 1868. Dieselben verdanke ich der ausserordentlichen Freundlichkeit des Herrn Dr. Brettauer in Triest, dem schon so viele Naturforscher zu wärmstem Danke verpflichtet sind, welchem hier meinerseits Ausdruck geben zu können, mir zur besonderen Freude gereicht. Es ist zu bedauern, dass der interessante Fisch nicht in den zahlreichen Aquarien Norddeutschlands conservirt wird. Vor Allem fällt die colossale Grösse der Endplatten auf, die man bei grösseren Exemplaren beinahe mit freiem Auge muss sehen können.

Die Endplatten von Torpedo sind merkwürdiger Weise rundlich, wie

diejenigen der höheren Wirbelthiere, öfters sind sie fast kreisförmig. Sie umgreifen einen ähnlichen Theil der Muskelspindeln, wie es bei den Säugern der Fall ist.

Am besten benutzt man die dünnen Muskelbündel am Seitenrande der Brustflossen. Der durch Trinchese (Nro. 99. Nro. 100) empfohlene M. depressor maxillae inferioris, ein langer, kräftiger, neben der Medianlinie gelegener Muskel, ist nicht so gut geeignet. Ein von R. Wagner (Nro. 24) untersuchter Muskel, sowie die Augenmuskeln haben viel dünnere Muskelspindeln und dem entsprechend kleinere motorische Endplatten als die übrigen Muskeln.

Die doppelt-contourirten Nervenfasern von Torpedo besitzen ein sehr dünnes Mark* und eine weit abstehende Neurilem-Scheide. Entweder treten sie direct an eine Muskelspindel heran, wobei die dünneren Spindeln von feineren Nervenfasern versorgt werden. Oder die Nervenfaser theilt sich vor ihrem Eintritt dichotomisch; auch kann eine durch wiederholte Theilungen entstandene Nerven-Verästelung auf der Bindegewebsmembran der Endplatte liegen.

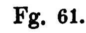
Nirgends ist die Lage der Endplatten ausserhalb des Sarcolems so leicht festzustellen, als bei diesen unwillkürlich immer wieder an die electrischen Endplatten desselben Fisches erinnernden Organen. Nirgends treten in dem Thierreiche, wie man jetzt mit Sicherheit sagen kann, motorische Endplatten auf, die schon vermöge ihrer absoluten Dimensionen den electrischen Endplatten so nahe kommen. Die Zahl der Endplattenkerne beträgt bei den grösseren Platten 15—20; bei den kleineren 8—10; dieselben unterscheiden sich in Nichts von den Kernen des Neurilems und auch untereinander zeigen sie keine Differenzen mit Ausnahme einer nicht ganz constanten Grösse. Die grösseren (bis zu 0,2 Mm.) sind etwa doppelt so gross, als die kleineren. Dabei steigt der Durchmesser der Platte fast genau proportional dem Durchmesser der zugehörigen Muskelspindel, demselben auch an absolutem Werthe gleichend. Die genannten Durchmesser betragen z. B.

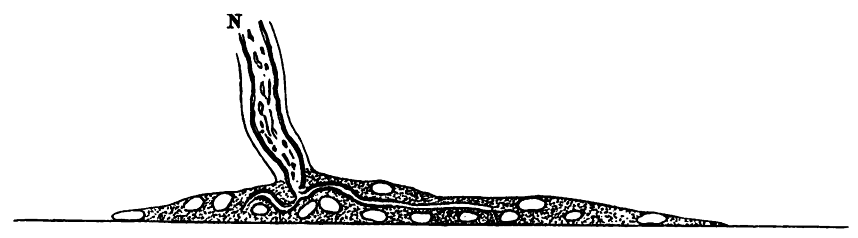
Muskelspindel	Endplatte
0,077	0,08
0,066	0,07
0,038	0,04
0,031	0,03

* Hierauf ist eine zwischen M. Schultze einerseits, Henle und Merkel (Zeitschr. f. ration. Medicin. 1868. Bd. 34. S. 70) andererseits entstandene Controverse zurückzuführen. Der Axencylinder ist bei Torpedo (wie bei Petromyzon) relativ sehr stark, was mit den besonders zahlreichen Theilungen der Nervenfasern dieses Thieres zusammenhängen dürfte.

Die Endplattenkerne haben 0,0046—0,006 Mm. Länge, 0,002—0,003 Breite und Dicke. Die doppelt-contourirten Nervenfasern besitzen 0,01 Mm. Durchmesser, ihre Aeste 0,0045, die Terminalfasern nur 0,0015 Dicke.

Im Inneren der Endplatte findet man im frischen Zustande wie gewöhnlich feinkörnige Substanz (Fg. 61), in der keine weiteren Form-


Fg. 61.



Motorische Endplatte aus den Brustflossenmuskeln von Torpedo Galvanii, ohne Zusatz. Vergr. 350. Reine Profilansicht, von der Muskelspindel sind nur die Contouren des Sarcolems gezeichnet. *N* Nervenfaser, die mit zwei doppelt-contourirten Endästen in die Endplatte tritt. Einer derselben geht in eine blasse Terminalfaser über.

Elemente zu unterscheiden sind, mit Ausnahme der blassen Terminalfasern erster Ordnung. Die Hoffnung an diesen prachtvollen Objecten tiefer greifende Aufschlüsse über die feinsten Structur-Verhältnisse der motorischen Endplatten zu erhalten, ist also vorläufig nicht realisirt worden.

B. Motorische Endplatten der Wirbellosen.

Die bisher besprochenen Endplatten der Wirbelthiere stimmen in wesentlichen Punkten unter einander überein. Stets wird jede Muskelspindel von einer einzigen motorischen Endplatte versorgt, die ungefähr in der Mitte ihrer Länge und ausserhalb des Sarcolems gelegen ist. Die Form derselben ist die einer runden Scheibe bei den Säugern, Vögeln, Reptilien und Knorpelfischen; dagegen finden sich lange und schmale Platten nur bei Amphibien und Knochenfischen. Die Dicke der Endplatten ist stets sehr gering; die Anzahl ihrer Kerne wechselt von 1—25.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse bei den meisten Wirbellosen. Die Muskelcylinder derselben gehen, wie im Isten Abschnitte auseinandergesetzt wurde, aus mehreren Zellen hervor, welche von einem secundären Ausscheidungsproduct: dem Sarcolem umhüllt werden. Dieses schliesst die motorischen Endplatten mit ein und die letzteren sind wenigstens an den grösseren Muskelcylindern stets in mehrfacher Zahl vorhanden; zugleich ist ihre Dicke bedeutender: sie gleichen höheren oder niedrigeren Kegeln. Um den Gegensatz scharf zu bezeichnen, könnte man für so beschaffene Endplatten von Wirbellosen den Ausdruck E n d - k e g e l einführen.

Diese allgemeinen Grundprincipien erleiden jedoch dadurch Ausnahmen, dass von so manchen Thieren aus der unendlich viel Verschiedenes umfassenden Abtheilung der Wirbellosen die Entwicklungsgeschichte ihrer Muskelfasern noch nicht bekannt ist. Für zwei Gruppen steht es jedoch fest, dass die Entwicklung der Muskelcylinder aus mehreren Zellen einerseits mit dem Umschlossensein der Endplatten vom Sarcolem (bei Insecten), sowie andererseits (bei Arctiscon tardigradum) die Entwicklung aus nur Einer Zelle mit der Lagerung der Endplatten ausserhalb der Muskelfaser untereinander Hand in Hand gehen.

Es ist danach die Hypothese gerechtfertigt und an sich wahrscheinlich, dass beide Erscheinungen im Zusammenhang stehen. Sodann

kann man aber Rückschlüsse machen, und es lässt sich nach dem angedeuteten Gesetze Folgendes voraussagen. Wenn bei einem Thiere die Lage der Endplatten ausserhalb des Sarcolems bewiesen ist, so folgt daraus die Entwicklung der betreffenden Muskelspindel aus einer einzigen Zelle, und dieselbe erhält nur Eine Endplatte. Ist dagegen die Entwicklung aus mehreren Zellen nachgewiesen, so müssen die motorischen Endplatten innerhalb des Sarcolems liegen. Beide Sätze kann man natürlich auch umkehren.

In den Fällen, wo weder das Eine noch das Andere mit Sicherheit constatirt ist, bleiben zur Zeit nur Vermuthungen übrig, wie sich die angedeuteten wesentlichen Punkte verhalten mögen. Desshalb erscheint es gerechtfertigt, hier von einer Aussonderung der oben sogenannten Endkegel vorläufig zu abstrahiren. Die bei einigen Wirbellosen noch zweifelhaften Verhältnisse sollen im Einzelnen besonders gewürdigt werden.

---

1. Motorische Endplatten der Crustaceen.

Astacus fluviatilis.

Die colossalen Muskelcylinder in den Scheeren des Flusskrebses bilden ein ausserordentlich bequemes Untersuchungsobject. Jede derselben erhält mehrere motorische Endplatten, die innerhalb des Sarcolems liegen und es ist folglich schon hiernach anzunehmen, dass jeder Muskelcylinder aus mehreren Zellen hervorgegangen ist.

Die dicken längsstreifigen Nervenfasern treten in gestreckter Richtung an die Muskelcylinder heran, so dass das kernhaltige Neurilem mit dem Sarcolem verschmilzt. Der Nerv breitet sich in scheinbar feinkörnige Substanz aus, die eine nicht sehr dicke Endplatte darstellt. Dieselbe enthält manchmal 6—8 Kerne, doch kommen auch kleinere Platten mit nur 2—3 Kernen und Uebergänge zwischen beiden Formen vor. Die feinkörnige Substanz geht unmerklich in eine ähnliche feinkörnige Masse über, welche sich dicht unter dem Sarcolem fast über den ganzen Muskelcylinder hinzieht und viele Kerne enthält. Dieselbe ist als nicht in contractile Substanz differenzirtes Protoplosma der embryonalen Zellen aufzufassen. Mit nervösen Elementen hat dieselbe aber nichts zu thun und jedenfalls sind ihre Kerne in keinem Zusammenhange mit den Nervenfasern. Die Endigung der Nervenfaser innerhalb der Endplatte ist jedoch nicht specieller bekannt; man weiss nur, dass dichotomische Theilungen der eintretenden Nervenfasern vorkommen (Nro. 71. Taf. IX. Fg. 10). Letztere haben 0,007 Mm. Durchmesser, die Kerne 0,005 Länge auf 0,004 Breite (Nro. 85).

Crangon vulgaris.

Die Endplatten der Scheerenmuskeln sind ziemlich langgestreckt; die Kerne, deren 2—3 und mehr vorkommen, haben ca. 0,01 Mm. Länge auf 0,0048—0,0064 Breite.

Carcinus maenas.

Die Endplatten verhalten sich wie bei Astacus (Nro. 88).

Palaemon.

Sehr in die Länge entwickelt sind sie bei Palaemon (Nro. 99. Nro. 100).

Gammarus.

Die Endplatten verhalten sich wie bei Astacus (Nro. 59).

---

2. Motorische Endplatten der Insecten.

Trichodes.

Die Arten: Trichodes apiarius und alvearius bieten an ihren inneren Genitalien Muskeln dar, welche die Verhältnisse der motorischen Endplatten bei weitem am besten unter den Insecten erkennen lassen. Die Untersuchung wird nämlich durch die im Verhältniss zum Muskelcylinder sehr beträchtliche Grösse der Endorgane begünstigt und letztere selbst stellen meistens kegelförmige Gebilde dar, die man auch glockenförmig nennen könnte. Die Anzahl derselben an einem Muskelcylinder ist sehr häufig eine mehrfache und auf kleinem Raum von 1 Mm. Länge zeigen sich oft 4—8 grössere Endplatten. Der Zusammenhang des Neurilems mit dem Sarcolem ist ein continuirlicher, wie sich bei Säure-Zusatz zu dem lebenden Muskel-Präparat ergibt. Der Inhalt der beschriebenen Endkegel wird von feinkörniger Masse gebildet; in der Basis oder an deren Peripherie finden sich bei den grösseren Endkegeln 2—5 Kerne eingelagert.

Diese Thatsachen sind zuerst von Engelmann nachgewiesen worden (Nro. 86). Abbildungen s. daselbst. (Taf. VII.) Die in diesen Figuren im Inneren der Endplatten vorhandenen hellen Räume dürften auf eingedrungenes Wasser etc. zurückzuführen sein.

Hydrophilus piceus.

Die Schenkelmuskeln — unter welchem Ausdruck bei den Insecten stets die den Oberschenkel bewegenden Muskeln verstanden werden sollen — bilden das geeignetste Object. Die stark entwickelten Muskelcylinder enthalten meistens mehrere Reihen von Muskelkernen. Dieselben sind als auseinander gewichene Theilstücke von Hohlcylindern aufzufassen,

Fg. 62.

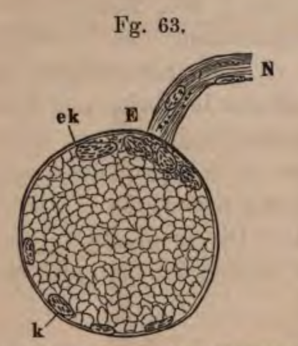


Muskelcylinder aus den Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus. Nur ein Theil der Breite des Cylinders ist gezeichnet. Frisch, ohne Zusatz. Vergr. 1000. *s* Sarcolem. *an* dunkles Querband, im Holzschnitt etwas zu dunkel ausgefallen. *Q* Querlinie. *k* Kern nahe unter dem Sarcolem gelegen. *E* Motorische Endplatte mit sechs Kernen in der Profilansicht. *N* Nervenfaser.

welche bei vielen Insecten bekanntlich von den in dieser Weise angeordneten Muskelkernen gebildet werden. Ein oder zwei solche Hohlcylinder stecken concentrisch in der contractilen Substanz; die Axe des Muskelcylinders wird meistens von einer centralen Kernreihe eingenommen. Zuweilen trifft es sich bei Hydrophilus, dass eine der beschriebenen Kernreihen in der Gegend der motorischen Endplatte liegt (Nro. 71. Taf. IX. Fg. 16. Nro. 99). Dies ist aber rein zufällig, und in Wahrheit stehen die Kernreihen, welche nur in selteneren Fällen an dieser Stelle vorhanden sind, häufig dagegen fehlen (Fg. 62), mit der Endplatte in keinerlei Verbindung.

Das Neurilem hängt mit dem Sarcolem continuirlich zusammen; die Endplatten liegen innerhalb des letzteren, wie sich auf Querschnitten (Fg. 63) mit Leichtigkeit ergibt. Sie enthalten mehrere Kerne und feinkörnige Substanz; als besondere abgeplattete Endorgane wurden sie zuerst von Waldeyer (Nro. 59. Nro. 71. Taf. IX. Fg. 15. 16) constatirt.

Fg. 63.



Querschnitt eines frischen Muskelcylinders aus den im Oberschenkel selbst gelegenen Muskeln von Hydrophilus piceus. Vergr. 800. Die contractile Substanz zeigt das Mosaik der Muskelkästchen. *k* Kern der contractilen Substanz. *E* Motorische Endplatte. *ek* Kern derselben. *N* Nervenfaser, deren Durchtrittsstelle durch das Sarcolem in einer tiefer gelegenen Focal-Ebene sich befindet.

Dyticus marginalis.

Die Schenkelmuskeln bieten ein ähnliches, doch nicht ganz so günstiges Untersuchungsobject dar, wie die von Hydrophilus piceus.

Saperda carcharias.

In den Kopfmuskeln sind die blassen Terminalfasern innerhalb der Endplatten besonders deutlich (Nro. 85).

Coleopteren.

Von Coleopteren sind ausser den genannten noch untersucht: Melolontha vulgaris, Carabus auratus, Silpha obscura, Geotrupes stercorarius (sämmtlich Nro. 63.), Procrustes coriaceus (Nro. 67. Nro. 76), Carabus, Ateuchus, Lucanus cervus (Nro. 88), Cerambyx

moschatus (Nro. 85), Luciola italica (Nro. 99. Taf. I. Fg. 5 und 6. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 5 und 6). Die Verhältnisse der Endplatten sind überall dieselben; bei dem letztgenannten Cerambyx sind die Kerne 0,0027 Mm. lang, während die Muskelkerne 0,008 messen (Nro. 85). Von Chrysomela populi sind die Muskeln der inneren Genitalien wie bei Trichodes empfehlenswerth (Nro. 86).

Ueber die Nervenendigung innerhalb der motorischen Endplatte ist einerseits festgestellt, dass dichotomische und trichotomische Theilungen (wie beim Flusskrebs) vorkommen und andererseits, dass die so entstandenen Terminalfasern erster Ordnung in feinere Terminalfasern pinselförmig ausstrahlen (Nro. 88). Diese mit guten optischen Hülfsmitteln leicht zu bestätigenden Beobachtungen lassen nicht daran zweifeln, dass in den Endplatten der Wirbellosen sich die letzte Endigung der Terminalfasern zweiter Ordnung ebenso wie bei den Wirbelthieren verhält. In den hier beigegebenen Holzschnitten konnten diese zarteren Verhältnisse nicht wiedergegeben werden.

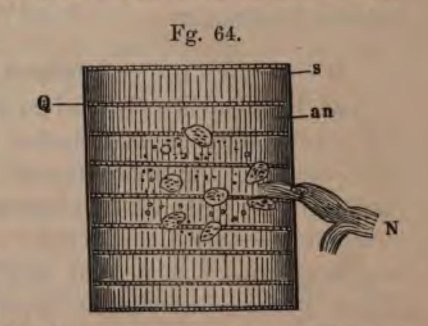
Lepidopteren.

Unter den Lepidopteren sind die Raupen vieler Schmetterlinge, sowohl von Tag- als Nachtfaltern und von Microlepidopteren zur Untersuchung sehr geeignet. Besonders empfohlen sind die Muskeln an den stumpfen Hinterbeinen glatter Raupen von kleineren Nachtschmetterlingen z. B. Noctua und anderen Gattungen (Nro. 106).

Dipteren.

Die Schenkelmuskeln von Musca vomitoria bieten ein günstiges und leicht zugängliches Object. Die bei den Wirbellosen immer schwer zu erkennenden Flächenansichten der Endplatten sind verhältnissmässig scharf umgrenzt (Fg. 64). Die Endplatten haben eine rundliche Form, welche bei den Insecten als die gewöhnlichste anzusehen ist; die Anzahl der Kerne beträgt 5—8.

Fg. 64.



Muskelcylinder aus den Schenkelmuskeln von Musca vomitoria. Frisch mit Wasser. Vergr. 1000. *s* Sarcolem, an der Eintrittsstelle der Nervenfaser unterbrochen. *an* Dunkele Querbänder, längsgestreift durch die Seitenmembranen der Muskelkästchen. *Q* Querlinie, scheinbar punktirt. *N* Nervenfaser, in einer mit sieben Kernen versehenen motorischen Endplatte endigend. Letztere erscheint in Flächenansicht.

Sarcophaga carnaria ist ebenso geeignet. Musca domestica hat zu zarte Nervenfasern, um ein günstiges Object zu liefern. Auch bei Tabanus bovinus sind Endplatten beschrieben (Nro. 63).

Was die Mücken anlangt, so wurde an Larven von Chironomus

schon vor langer Zeit (Nro. 21. 1850) erkannt, dass die Nervenfasern sich mit dreieckigen, verbreiterten Enden an die Muskelcylinder ansetzen. Neuerdings sind die Endplatten an diesem Object und ebenso an Larven von Corethra (Nro. 88) bestätigt worden.

Auch die von Beale gegebenen Abbildungen (Nro. 83. Taf. XV. Fg. 4 und 5.) dürften hierher gehören; ebenso die von einer Culex-Larve (Nro. 98). Endplatten sind noch beschrieben von den Larven der Tipula crystallina (Nro. 103), und bei Tipula gigantea (Nro. 51) setzen sich mehrere Nervenfasern an denselben Muskelcylinder. Die Beine der genannten durchsichtigen Mückenlarven bilden ein empfehlenswerthes Untersuchungsobject.

Unter den Hymenopteren sind Bombus (Nro. 63) und Apis mellifica (Nro. 99. Nro. 100) studirt worden.

---

3. Motorische Endplatten der Arachniden.

Bei den Spinnen gehen die Muskelfasern nach Eberth aus einer einzigen Zelle hervor. Wenn dies richtig, so lässt sich erwarten, dass die Endplatten ausserhalb des Sarcolems liegen werden. Dies ist für die gewöhnlich zu den Spinnenartigen Thieren gerechneten Arctiscoiden auch durch directe Beobachtung wahrscheinlich gemacht.

Motorische Endplatten sind beobachtet bei Tegenaria (Nro. 63), Argyroneta aquatica (Nro. 71) und Segestria cellaria (Nro. 99. Nro. 100). Abbildungen finden sich von Pholcus phalangiodes (Nro. 99. Taf. I. Fg. 1. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 1). Die Endplatten haben dieselbe Grösse wie bei den Insecten.

Arctiscon Milnei *S. Sch.*

Das Bärthierchen (Milnesium tardigradum Doyère) hat zuerst (Nro. 9) eine Andeutung der motorischen Endplatten erkennen lassen (S. unten, Historisches). Die Muskelfasern dieses merkwürdigen Tardigraden sind einfache oder getheilte Cylinder mit einzelnen Kernen, sehr durchsichtig, ohne Längs- oder Querstreifen. Da eine Untersuchung unter Beihülfe von Reagentien bisher nicht möglich gewesen ist (Nro. 90), so hat nicht sicher festgestellt werden können, ob ein Sarcolem vorhanden ist oder nicht.

An die Muskelfasern setzen sich die gestreckt verlaufenden blassen Nervenfasern mit kegel- oder pyramidenförmigen Zellen. Dieselben bestehen aus hüllenloser feinkörniger Substanz und enthalten nur Einen Kern. Offenbar hat man hier gleichsam das früheste Endwicklungsstadium

einer quergestreiften Muskelspindel vor sich, welches beim Wirbelthier-Embryo, soweit die motorischen Endplatten in Betracht kommen, zu beobachten noch nicht gelungen ist. (S. Kaninchen. S. 85).

Die Kerne der motorischen Endplatten sind kleiner als die Muskelkerne; wie es scheint, gibt es Endplatten, denen der Kern fehlt oder wenigstens nicht wahrgenommen werden kann. Was die Lage betrifft, so fand Greeff (Nro. 90), obwohl ursprünglich einer anderen Ansicht zugethan, dass die Muskelfaser von der Endplatte nur von aussen berührt wird, indem sie sich äusserlich an dieselbe anlegt. Diese Beobachtung constatirt zum ersten Male bei einem wirbellosen Thier ein von dem bei den übrigen Wirbellosen abweichendes und der Lagerung der Endplatten, wie sie bei den Wirbelthieren bekannt ist, sich anschliessendes Verhalten. Da die Muskelfasern des Arctiscon den Werth von einfachen contractilen Zellen haben, so kann nach dem oben in Betreff der Spinnen Gesagten diese Anordnung nicht überraschen. An der Richtigkeit der Thatsache ist um so weniger zu zweifeln, da die Beobachtung Fälle kennen lehrt, in denen eine motorische Endplatte zwei Aeste einer getheilten Muskelfaser gleichzeitig versorgt (Nro. 90. Taf. IV. Fg. 4). Die feinkörnige Substanz überbrückt in diesem Falle den Zwischenraum, der die beiden Muskelfaseräste in der Nähe der Theilungsstelle von einander trennt. Mag nun bei den Muskelfasern der Arctiscoiden ein Sarcolem als isolirt darstellbare Haut vorhanden sein, wofür die Schärfe der Contouren der Muskelfasern sprechen würde, oder nur als verdichtete Grenzschicht der urspünglich hüllenlose Muskelzelle — jedenfalls liegt die Endplatte ausserhalb dieser Membran oder Grenzschicht.

Jede Muskelfaser erhält nur Eine motorische Endplatte und auch in dieser Beziehung schliesst sich das Verhalten an dasjenige bei den Wirbelthieren an, weicht dagegen von demjenigen bei den Wirbellosen ab.

Abbildungen s. bei Doyère (Nro. 9), Greeff (Nro. 90) und unten (S. 117. Fg. 65).

---

4. Mollusken.

Eolidina paradoxon.

Quatrefages (Nro. 12) bestätigte bei diesem Thier die von Doyère beschriebene Nervenendigung; seine Abbildung (Taf. XI. Fg. 12) gleicht vollkommen der letzteren (S. unten S. 117. Fg. 65).

Helix pomatia.

Bei der Weinbergsschnecke erhalten die glatten Muskelspindeln des Pharynx ganz ähnliche Endplatten wie die von Arctiscon. Die Muskel-

spindeln zeigen nach Zusatz verdünnter Säuren ein unzweifelhaftes Sarcolem (Nro. 99. Taf. I. Fg. 12. 14. 16). Die motorischen Endplatten bestehen aus feinkörniger Substanz und enthalten nur Einen Kern. Trinchese (Nro. 99. Taf. I. Fg. 14. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 13) glaubte irrthümlicher Weise, die Endplatten in einen in der Axe der nicht quergestreiften Muskelspindel verlaufenden Axencylinder sich fortsetzen zu sehen. (S. unten, Historisches.)

---

5. Strahlthiere.

Ophiura texturata.

Die Muskelspindeln sind relativ kurz, und an ihren Enden quer abgestutzt. Die Querstreifung ist unregelmässig und mit dem geflechtähnlichen Aussehen einer Strohmatte verglichen worden. Sie besitzen ein etwas abstehendes Sarcolem, welches von einer blassen Nervenfaser durchbohrt wird. Die Endplatte ist feinkörnig, mit einem grossen, ovalen Kern nebst glänzendem Kernkörperchen versehen. Jede Muskelspindel erhält nur Eine Endplatte (Nro. 99. Taf. I. Fg. 2. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 2).

---

6. Polypen.

Bowerbankia densa.

Die Endplatten sind mit einer 100fachen Vergrösserung sichtbar; sie enthalten nur Einen Kern (Nro 99. Taf. I. Fg. 3. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 3). Die Muskelspindeln sind ohne Querstreifung, von einem deutlichen Sarcolem umgeben. Jede Muskelspindel wird von einer feinen Nervenfaser mittelst einer einzigen Endplatte versorgt. (Nro. 99. Taf. I. Fg. 9. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 8.)

C. Historisches.*

Endschlingen und freie Endigungen.

Prévost und Dumas (Nro. 1) hatten zuerst Endschlingen an den Muskelnerven beschrieben, in denen sich nach Du Bois' treffender Bemerkung die Anatomen und Physiologen später wie Krammetsvögel gefangen haben. Von einzeln verlaufenden Nervenfasern gebildete Schlingen wurden jedoch erst durch Valentin (Nro. 4) und Emmert (Nro. 5) gleichzeitig (1836) und unabhängig von einander abgebildet. Viele Andere (Nro. 7. Nro. 13. Nro. 20, sowie die meisten Handbücher) bestätigten dieselben nach eigenen Untersuchungen. Die schlingenförmigen Verbindungen existiren wirklich, doch sind sie keine Endschlingen (S. 55. Fg. 23). Die Sache ist vielmehr so, dass aus den feineren Nerven-Plexus auch einzeln verlaufende doppelt-contourirte Fibrillen austreten, um sich von Neuem einem Nervenstämmchen anzulegen, das sie bald wieder verlassen.

Die Periode der Endschlingen hat viele Jahre gedauert. Sie würde nicht mehr in Betracht kommen, wenn sich nicht selbst heutzutage ihre Nachwirkungen an Stellen fühlbar machten, wo man es kaum erwartet. Noch sind die Endschlingen, welche jetzt von blassen Fasern gebildet werden sollen, in Betreff der sensiblen** Nerven nicht ganz aus den

* Zu diesem Capitel sind die im IVten Abschnitt enthaltenen Tabellen A und B über die motorischen Endplatten, sowie das Literatur-Verzeichniss E über die Nervenendigung im Muskel zu vergleichen, auf welches sich die in Klammern gesetzten (Nro.) beziehen.

** Ueber die Endigung der sensiblen Nerven in terminalen Körperchen ist neuerdings eine Abhandlung von Rouget (Archives de physiologie par Brown-Séquard. 1868. Nro. 5. S. 591. Taf. XIV. und XV.) erschienen. Es werden darin nach dem Vorgange von Frey, Kölliker, Lüdden, Lightbody, Mauchle zunächst die Endkolben der Conjunctiva bestätigt, und ebenso die von mir beschriebenen Endkolben der Lippen, Zunge, der Glans penis und clitoridis. An letztern Orten kommen, wie ich früher gezeigt habe, hier und da Uebergänge zu Tastkörperchen vor, was

anatomischen Lehrbüchern verschwunden. Auch in dem angeblichen Endnetz innerhalb der electrischen Endplatten des Zitterrochens (Kölliker) führen die Endschlingen ihr gespenstisches Dasein fort, und ohne dieses Vorbild wäre Kühne (Nro. 75) schwerlich darauf gekommen, in den motorischen Endplatten eine aus breiten anastomosirenden Fasern gebildete „Nerven-Endplatte" finden zu wollen (S. unten).

Die folgende Periode beginnt mit der Entdeckung von Theilungen (Joh. Müller und Brücke Nro. 14. 1844) in den Augenmuskeln beim Hecht. Seit 1847 hat R. Wagner (Nro. 24) längere Zeit für das allgemeinen Vorkommen derselben gekämpft. Dieser Forscher fügte hinzu (Nro. 18. Neue Untersuchungen), dass beim Frosch in den Zungenbeinmuskeln die Aestchen von 0,0045 Mm. Dicke auf den Muskelfasern endigen, für die sie bestimmt sind, indem sie die doppelten Contouren verlieren, und mit Fasern von ca. 0,0027 Mm. Durchmesser, wie es scheint, in's Innere des Sarcolems eindringen.

Aehnliche Angaben finden sich in den Lehrbüchern damaliger Zeit. So hatte Kölliker 1850 (Nro. 21. S. 247) geschrieben:

„Unter den Amphibien kennt man seit Wagner beim Frosch Theilungen und freie Enden. Erstere sind ausgezeichnet schön und zahlreich.

Rouget ebenfalls erwähnt. Auch in der Wangenschleimhaut fand Letzterer Endkolben auf. Ueber den Bau derselben in der Conjunctiva des Menschen ist Rouget jedoch zu einer besonderen Ansicht gelangt, die auch auf die Tastkörperchen ausgedehnt wird. Es soll nämlich die feinkörnige Substanz des Innenkolbens beider Arten von Terminalkörperchen nervöser Natur sein und das eigentliche Nerven-Ende darstellen, welches von den herantretenden Nervenfasern erst noch in spiraligen Touren umsponnen werde. Rouget schliesst sich durch letztere Behauptung in Betreff der Tastkörperchen einer früheren Ansicht von Nuhn und Gerlach an.

Es geht daraus hervor, dass Rouget die blassen Terminalfasern im Inneren der Innenkolben nicht gesehen hat. Dies ist erklärlich, weil der genannte Forscher leider auf die Untersuchung der Endkolben der Säugethiere verzichtet hat, in welchen die in der Axe verlaufende blasse Terminalfaser so überaus charakteristisch ist. Ebendesshalb ist dem französischen Autor sogar die allgemein anerkannte Analogie entgangen, welche zwischen den länglich-cylindrischen Endkolben der Säugethiere und den damit ganz identischen Innenkolben der Vater'schen Körperchen besteht.

Hiervon abgesehen hat Rouget einerseits die seit Kölliker bekannten Nervenknäuel der Conjunctiva des Menschen von den Endkolben nicht unterschieden. Andererseits hat Rouget die verhältnissmässig sehr dicke Bindegewebshülle der Endkolben nicht erkannt, oder vielmehr dort eine kreisförmig verlaufende blasse Nervenfaser angenommen, wo es sich um den optischen Ausdruck einer Membran handelt. Aus dem Zusammenwerfen so ganz verschiedener Dinge ist dann der Irrthum hervorgegangen: es beständen die Endkolben und Tastkörperchen des Menschen im Wesentlichen aus Nervenknäueln. Es mag daran die auffallend unzweckmässige Untersuchungsmethode nicht ohne Schuld sein. Rouget liess nämlich die Hautstücke erst 2—3 Tage in Wasser liegen, bevor sie benutzt wurden.

Sie beginnen an den 0,004—0,006''' dicken Nervenröhren in den Stämmchen und Aestchen, und setzen sich unter allmäliger Abnahme der Fasern fort bis zu ganz feinen Fädchen von 0,001—0,0015'''. Die Theilungen sind meist dicho- oder trichotomisch, seltener mehrfach, doch sah Wagner einmal 8 Aestchen. Die Endfädchen sind blass, einfach contourirt. Niemals dringen sie in Muskelbündel ein, wie Wagner angibt, sondern legen sich entweder nach kurzem Verlauf schief oder quer an dieselben oder ziehen lange parallel neben ihnen hin, um in beiden Fällen spitz und oft so fein wie eine Bindegewebsfibrille auszulaufen."

Wörtlich dieselben Angaben finden sich noch in Kölliker's Gewebelehre (S. 197), als letztere 1859 in dritter Auflage erschien.

Endigung der Muskelnerven bei Wirbellosen.

Während nun in den Handbüchern etc. in Betreff der übrigen Wirbelthiere über das Vorkommen von Theilungen und freien Endigungen gestritten wurde, tauchten hier und da Angaben auf, wonach bei Wirbellosen etwas andere Verhältnisse realisirt sein sollten. Einige wollten nämlich beobachtet haben, dass die Nervenfasern sich mit verbreiterten Enden an die Muskelfasern ansetzten.

Zuerst machte Doyère (Nro. 9) über die Nerven-Endigung bei Arctiscon Milnei S. Sch. (Milnesium tardigradum D.) folgende Mittheilung:

Rapport des nerfs avec les muscles. On voit très clairement dans les Tardigrades la manière dont les nerfs se rattachent aux muscles. La figure (Fg. 65) en donne une idée. Au moment d'arriver sur le muscle, le nerf s'épanouit et prend l'aspect d'une matière gluante ou visqueuse, qui serait coulée sur le muscle, l'envelopperait dans certains cas, le plus souvent s'étendrait sur une de ses faces en une couche de plus en plus mince, et dans une portion considerable de sa longueur, et peut-être même dans sans longueur tout entière. Cette substance chez un Tardigrade engourdi paraît granulée ou ponctuée comme les ganglions euxmêmes; puis, quand l'engourdissement se dissipe, cet aspect va disparaissant de plus en plus, jusqu'à ce que, la substance ayant repris une homogénéité et une limpidité complètes, les rapports des derniers filamens nerveux avec les muscles ne s'y puissent plus apercevoir.

Fg. 65.



Nervenendigung bei Milnesium tardigradum nach Doyère (1840). *N* Nervenfaser. *M* Muskelfaser.

J'ai representé dans la figure I plusieurs nerfs se terminant de cette manière, dans, ou mieux *sur* les muscles; . . . ."

Dem Unbefangenen, der neuerdings von Doyère'schen Hügeln etc. gelesen hat, muss es auffallen, dass ein so wichtiger Fund unbeachtet bleiben konnte. Es waren ausserdem mehrere Bestätigungen erfolgt — durch Quatrefages und Kölliker (s. unten) — und offenbar brauchte diese Form der Nerven-Endigung nicht auf die Tardigraden beschränkt zu werden. Man muss sich fragen wie es zuging, dass mehr als 20 Jahre lang in vielen Lehrbüchern die Valentin'schen Endschlingen als wahrscheinlichste Form der Nerven-Endigung figurirten.

Die Antwort ergibt sich aus einem Blick auf die nach Doyère reproducirte Fg. 65. Die Muskelfasern der Tardigraden sind nicht quergestreift, die motorische Endplatte war nicht als abgeplattetes Gebilde erkannt worden, noch weniger ihre Abgrenzung von der feinkörnigen Substanz, welche sich nahe der Oberfläche an der ganzen Muskelfaser hinzieht. Doyère's Beschreibung wie seine Abbildung ergibt ebenfalls weder einen Nervenhügel, noch eine Endplatte, noch handelt es sich um als solche wohl charakterisirte Nerven- und Muskelfasern. Vielmehr schien eine unmittelbare Verschmelzung der Muskel- und Nervensubstanz aus seinen Angaben zu folgen, oder wenigstens, dass man beide Substanzen bei den Tardigraden nicht bestimmt unterscheiden könne.

Die geschilderten Umstände mögen an der Nichtbeachtung dieser Angaben mehr Schuld tragen, als der Umstand, dass dieselben an einem damals fast unbekannten Thierchen gewonnen waren. Jedenfalls dürfte der vortreffliche Doyère einigermassen verwundert sein, wenn er erfahren könnte, was für Gebilde hie und da mit dem Namen von Doyère's Hügeln bezeichnet werden.

Dennoch unterliegt es keinem Zweifel, dass hier zum ersten Male die wirkliche Nerven-Endigung im Muskel vorgelegen hat. Es war wenigstens nachgewiesen, dass die Nervenfasern sich mit einem verbreiterten, in der Profilansicht dreieckigen Ende an die Muskelfasern inseriren. Nach der Auffindung der motorischen Endplatten lag es nahe, die betreffenden Bilder richtig — nämlich als Profilansichten einer Platte — zu deuten, wie es von mir (Nro. 60) gleich anfangs hervorgehoben worden ist.

Doyère's Beobachtungen wurden von Quatrefages (Nro. 12. 1843) bestätigt und weiter ausgedehnt. Letzterer Forscher fand ein analoges Verhalten bei einigen Anneliden und Rotatorien, namentlich aber bei Eolidina paradoxon, einer kleinen, zur Ordnung der Notobranchiaten (Troschel) gehörigen Nacktschnecke von der Küste der Normandie.

Die von Quatrefages gegebene Abbildung gleicht der Doyère-

schen (Fg. 65) auf's Vollständigste; die Beschreibung lautet: „On voit par mon dessin que le nerf, arrivé près de son extremité, augmente en diamètre de manière à former un cône, dont la base se confond avec la substance même du muscle — de sorte que la connexion des deux éléments s'établirait par une véritable fusion de substance.“

Diese Beobachtungen sind bisher nicht wiederholt worden. Zwar hat Greeff (Nro. 94) mehrere nahestehende Thiere, besonders aus der Gattung Eolidia untersucht, jedoch ohne dabei zu einem bestimmten Resultat über die Endigung der Muskelnerven zu gelangen. Greeff glaubt, dass Quatrefages die Aeste der sich theilenden Muskelfasern mit Nervenfasern verwechselt haben möge, da nicht angenommen werden könne, dass zwischen den sich sehr nahestehenden Mollusken: Eolidina und Eolidia ein wesentlicher Unterschied in der Nerven-Endigung bestehe. Letztere Annahme ist gewiss richtig vom Standpunkt des Zoologen aus. Für die technische Anatomie kann aber dennoch ein wesentlicher Unterschied in der verschiedenen Leichtigkeit bestehen, mit welcher die Nerven-Endigungen bei einander sehr ähnlichen Thieren aufgefunden werden können. Da man a priori vermuthen darf, dass die Muskelnerven bei Eolidina wie bei allen übrigen Thieren endigen, so wird man die Sache für unentschieden ansehen müssen, so lange nicht einerseits eine Täuschungsquelle grade bei der von Quatrefages untersuchten Art aufgedeckt und andererseits die wirkliche Nerven-Endigung nachgewiesen worden ist.

Quatrefages (Nro. 15. Nro. 19) hat später bei Amphioxus lanceolatus eine ähnliche Endigungsform aufgefunden. Es blieb jedoch zweifelhaft, ob es sich bei dieser von Joh. Müller (Nro. 23. 1851) bestätigten Beobachtung nicht um sensible Nerven unterhalb der Haut des merkwürdigen Fisches gehandelt habe. Wenigstens konnte Marcusen (Nro. 78. 1864) über die Nerven-Endigung in den Muskeln nichts Bestimmtes ermitteln.

Mit Sicherheit hat dagegen Kölliker (Nro. 21. 1850) nachgewiesen, dass bei einer Mücken-Larve (Chironomus) die Nervenfasern sich mit etwas breiteren Enden an die Oberfläche der Muskelfasern anlegen.

Bei Nematoden haben ferner Meissner (Nro. 28. Nro. 30), Wedl (Nro. 29), Walter (Nro. 31), Munk (Nro. 32), terminale Dreiecke (Meissner) beschrieben, mit welchen sich die Nervenfasern an die Muskelfasern ansetzen sollen. Nach späteren Untersuchungen (Claparède, Schneider, Leydig, Leuckart, Menschliche Parasiten, 1867. Bd. II. S. 23. Fg. 9) ist es zweifelhaft geworden, ob die als Nerven beschriebenen Stränge nicht vielmehr dem Muskelsystem angehörten. Wie oben bei Eolidina paradoxon bemerkt wurde, muss in diesem ganz analogen Falle die Entscheidung so lange ausgesetzt bleiben, bis die wirkliche

Nerven-Endigung in den Muskeln der Nematoden nachgewiesen ist, wenn jene terminalen Dreiecke nicht dem Nervensystem zuzurechnen sind.

Zu einer anderen Ansicht als die Genannten gelangte Mayer (Nro. 27. 1854) bei Untersuchungen über Dyticus. Bei diesem Wasserkäfer verästelt sich nach Mayer der Nervenfaden in der Muskelfaser und setzt sich in einen in der Axe der letzteren gelegenen „Muskelaxencylinder“ fort, wobei es wahrscheinlich sei, dass das Neurilem der feinsten Nervenfaser mit dem inneren Myolem der feinsten Muskelfaser verschmelze.

Ohne auf Mayer's Angaben Rücksicht zu nehmen, bestätigte Kühne im Anschluss an Meissner und Munk den Ansatz der Nervenfasern mittelst einer Verbreiterung an die Muskelfasern eines Wasserkäfers und die Behauptung von Mayer in Betreff der Endigung der ersteren in Kernreihen. Aus einer solchen besteht nämlich wie man weiss jener centrale Muskelaxencylinder.

Kühne (Nro. 35. 1859) sah sich zuerst bei Gelegenheit einer physiologischen Untersuchung über die Muskelreizbarkeit auf die Frage nach der Nerven-Endigung im Muskel geführt. Er wählte zum Studium die Schenkelmuskeln von Hydrophilus piceus, auf welche kurz vorher Brücke (1858) seine bahnbrechenden Untersuchungen über die polarisirenden Eigenschaften der contractilen Substanz basirt hatte. Die Mittheilungen von Doyère, Quatrefages und Kölliker blieben damals unbeachtet.

Kühne fand, dass bei dem Käfer die Nervenfasern mit den Muskelfasern zusammenhängen. Die ersteren setzen sich mit einem etwas breiteren, aus feinkörniger Substanz bestehenden Ende an die Muskelfasern. Im Inneren der letzteren wurden die bekannten Kernreihen bestätigt. Ohne Rücksicht auf die bei anderen Wirbellosen vorhandene Anordnung der Kerne in axialen Reihen resp. Cylindermänteln zu nehmen, wurden die Kernreihen des Hydrophilus für Fortsetzungen der Nervenfasern erklärt, die als intramusculare Nerven-Endigungen bezeichnet werden konnten.

Durch diese Hypothese auf eine falsche Bahn geleitet, wurde von dem genannten Beobachter die feinkörnige Substanz der Endplatten keiner näheren Betrachtung unterzogen, so oft sie auch unter dem Microscop gelegen haben muss. Hätte Kühne ein einziges Mal sich die Frage gestellt, ob die längliche feinkörnige Masse, als welche die Endplatte in den häufigeren Profilansichten erscheint, nicht der optische Ausdruck eines platten Körpers sei, so konnte damals die Entdeckung der wirklichen Nerven-Endigung im Muskel nicht ausbleiben.

Nervenendigung in den Froschmuskeln.

Nach dem vermeintlich erlangten Resultate lag der Schluss auf die Wirbelthiere nahe, wobei etwa folgende Annahmen den Ausgangspunkt bildeten. Bei den Wirbellosen setzen sich die Nervenfibrillen mit verbreiterten Enden an die Muskelfasern, das Neurilem verschmilzt mit dem Sarcolem. Die eigentliche Nervenfaser endigt mit einer Reihe von kernähnlichen Körpern, die der Längs-Axe der Muskelfasern parallel gelagert sind. Letztgenannte Körper sind trotz ihrer anscheinend Kern-ähnlichen Beschaffenheit in Wahrheit nervöser Natur; sie sind die eigentlichen Nerven-Endapparate im Muskel, und vermitteln die Uebertragung der Erregung.

Diese Thatsachen als erwiesen angenommen, machte nun Kühne die vergleichend-anatomische Hypothese: bei den Wirbelthieren wird sich die Sache gerade so verhalten, wie bei den Insecten. Dass die Untersuchung bei den Wirbellosen leichter war, schien seinen Grund darin zu haben, dass man die Muskelfasern derselben isoliren kann, was bei den Wirbelthieren nicht ohne Zerfasern zu gelingen pflegte. Vor Allem bestrebte sich daher Kühne die Muskelfasern zu isoliren. Bei höheren Wirbelthieren gelang dies nicht ohne Anwendung eingreifender Reagentien, worin Budge, v. Wittich, Weismann u. A. damals eben vorangegangen waren. Aber beim Frosch wurde eine Isolations-Methode mittelst sehr verdünnter Schwefelsäure und gelinder Wärme ermittelt. Auf diese Art wurden Bilder erhalten, die in jeder wesentlichen Beziehung mit den aus Käfermuskeln erhaltenen übereinzustimmen schienen.

Eine vorläufige Mittheilung (Nro. 38) war bereits in die Jahresberichte übergegangen, als die Kühne'sche Monographie (Nro. 41. 1862) erschien. Es war (wie bei dem Käfer) gelungen die Froschmuskelfasern mittelst der erwähnten Methode zu isoliren, welche an den letzteren anhaftende Nervenfasern zu erkennen gestattete. Der Durchtritt der Nervenfasern durch das Sarcolem wurde (wie bei Hydrophilus) mit Bestimmtheit behauptet. Die Nervenfaser liess sich in das Innere der contractilen Substanz verfolgen und ihre Theilung in Axencylinder (die schon von R. Wagner, den Kühne nicht erwähnte, gesehenen blassen Nervenfasern) beobachten. An den letztern, die in der Längsrichtung der Muskelfaser verliefen, fanden sich (wie bei dem Insect) besondere Kern-ähnliche Nerven-Endorgane, die „Nerven-Endknospen" genannt wurden. Diese ovalen Körperchen sollten Analoga der Vater'schen Körperchen sein, weil sie in ihrer Axe einen centralen sehr feinen Nervenfaden enthielten. Auf diese Idee scheint Kühne durch die Vergleichung mit den einige Zeit vorher bekannt gewordenen länglichen Endkolben der Säugethiere

gekommen zu sein, da den „Nerven-Endknospen" das characteristische Merkmal der Vater'schen Körperchen: die Umhüllung der blassen Nervenfaser mit mehreren Kapseln fehlte, während auch die Endkolben nur eine einzige Hülle besitzen. Jede Muskelfaser des Frosches sollte ferner (wie bei den Insecten) an mehreren Stellen ihrer Länge mit Nervenfasern in Verbindung stehen.

Ausser beim Frosch wollte Kühne auch bei anderen Wirbelthieren Nervenendknospen gefunden haben. Für den Proteus, Hecht, Karpfen wurde ihre Existenz mit Bestimmtheit behauptet. Bei Warmblütern und namentlich beim Menschen gelang die Isolirung der Muskelfasern zwar nur mit Hülfe von Salpetersäure; immerhin konnte aber (Nro. 41. Taf. II. Fg. 11) eine Nervenendigung in einer Muskelfaser abgebildet werden, die eine vollständige Analogie mit den Verhältnissen beim Frosch erkennen liess.

Auch an historischen Studien hatte Kühne es anscheinend nicht fehlen lassen und der Uneingeweihte konnte glauben, dass am Ende gar der alte Monro (Nro. 41. S. 1) die wahre Nerven-Endigung im Muskel gesehen haben würde, wenn er nicht unglücklicher Weise im Dunkeln d. h. bei auffallendem Lichte danach gesucht hätte.

Zufolge der erwähnten vorläufigen Mittheilungen war das Erscheinen der Kühne'schen Monographie mit Spannung erwartet worden. Aber schon nach wenigen Tagen — das grössere Publicum mochte sie kaum gelesen, höchstens die Kupfertafeln besehen haben, — erschien als Blitz aus heiterem Himmel eine Mittheilung von Kölliker (Nro. 42). Aus derselben ergab sich, wie der Formen-Reichthum der Natur doch zu grossartig sei, um sich kümmerlicher Weise bis in die kleinsten Details selbst zu copiren. Auf eigene mit den vortrefflichsten Hülfsmitteln angestellte Untersuchungen gestützt, erklärte die grösste Autorität, die es zur Zeit auf vergleichend-histologischem Gebiete gab, mit dürren Worten den ganzen Hypothesenbau für unhaltbar. Kölliker zeigte, dass in den Froschmuskeln blasse Nervenfasern existiren, die Neurilem besitzen. Kühne hatte dies Neurilem übersehen, seine Nerven-Endknospen waren nichts Besseres als Kerne des Neurilems und folglich ausserhalb der Muskelfasern gelegen. Die Entdeckung von besonderen, mit der Entwicklung von Muskelfasern in Verbindung stehenden Nervenknospen (S. 87), die Kühne ebenfalls nicht gefunden hatte, gab den Kölliker'schen Deductionen eine Unterlage, deren bedeutsame Festigkeit von Niemandem tiefer empfunden wurde, als von Kühne.

Anstatt, was wohl am richtigsten gewesen wäre, mit Hülfe der besseren durch Kölliker ermittelten und (Nro. 49) publicirten Methoden

die entscheidende Behauptung von einem Neurilem an blassen Nervenfasern einer bestätigenden oder widerlegenden Nachprüfung zu unterziehen, antwortete Kühne (Nro. 44) in einer Erwiederung, die von Nichts Zeugniss ablegte, als von einer leicht zu erklärenden Gemüths-Erregung.

Wäre die Analogie zwischen Insecten- und Amphibienmuskeln von Kühne vorzugsweise auf Untersuchungen an einem seltenen oder schwer zu erlangenden Thier z. B. dem Proteus basirt worden, so unterliegt es keinem Zweifel, dass die Sachlage wenigstens zeitweise andere Gestaltung hätte gewinnen können. Unglücklicherweise für die Nerven-Endknospen ist der Frosch alle Tage zugänglich und zudem war seit Reichert (Nro. 22) Jedem ein Muskel bekannt, der zur Untersuchung sich wenigstens viel geeigneter herausstellte, als der von Kühne empfohlene M. sartorius.

Unmittelbar nach dem Erscheinen der Kühne'schen Schrift und bevor die Separat-Abdrücke der Kölliker'schen Widerlegung in Göttingen eingetroffen waren, hatte ich am Brusthautmuskel des Frosches mich ebenfalls überzeugt, dass es darin blasse von Neurilem bekleidete Nervenfasern gibt, deren Kerne Kühne für Nerven-Endorgane gehalten haben musste. Veranlasst durch Kühne's Erwiederung auf die Kölliker'sche Mittheilung publicirte ich meine Beobachtungen, die wesentlich auf Unterstützung von zwei Kölliker'schen Angaben hinausliefen. Ich konnte daher nur bestätigen (Nro. 48):

„1. Dass die blassen Endausläufer der doppelt-contourirten Nervenfasern eine deutliche structurlose Umhüllung — Neurilem — besitzen, welches sie selbst dann begleitet, wenn sie im Inneren der Muskelfasern zu liegen scheinen. Die Nerven endigen mit blassen feinen Spitzen, welche Kühne und Kölliker in derselben Weise gesehen haben."

„2. Dass die Nervenendknospen von Kühne einfach Kerne sind, welche dem Neurilem ansitzen."

Kühne hat später (Nro. 81. S. 193 und 200) versucht, einen Widerspruch daraus herzuleiten, dass ich der Kölliker'schen Ansicht beigetreten sei und doch freie Endigungen, nicht aber netzförmige Verbindungen der blassen Nervenfasern im Froschmuskel abgebildet habe. Dieser Vorwurf fällt auf die Sache zurück, die damit vertheidigt werden soll. Denn erstens habe ich Kölliker's Angaben (Nro. 42) nicht weiter bestätigt, als es durch die oben wörtlich angeführten Sätze geschehen ist. Die ausführliche, mit Abbildungen begleitete Abhandlung Kölliker's aber war damals nur in Aussicht gestellt. Kühne musste dies gewusst haben, weil ich es am Ende meines Aufsatzes (Nro. 48. S. 190) ausdrücklich bemerkt hatte. Zweitens aber nahm Kölliker in seiner ersten Mittheilung ein Endnetz in Abrede und liess nur für „einzelne sehr seltene Fälle" netzförmige Anastomosen gelten. Ein anderweitiger auf

die motorischen Endplatten des Frosches bezüglicher Einwand wird unten seine Widerlegung finden.

In derselben Zeit erschienen denn auch von allen Seiten weitere Untersuchungen von Naunyn (Nro. 45), Schiff (Nro. 47), Margó (Nro. 51), die wenigstens insoweit übereinstimmten, dass die sog. Nerven-Endknospen in's Gebiet der Sage verwiesen werden mussten.

Margó hatte eine eigene Ansicht aufgestellt, die darauf hinauslief, dass ein sehr feines nervöses Endnetz die ganze Muskelfaser durchziehen sollte. Diesem Irrthum lag eine Verwechslung mit den in der interstitiellen Flüssigkeit enthaltenen Körnchenreihen zu Grunde. Bei Wirbellosen wurde der Ansatz von Nervenfasern mit verbreiterten Enden bestätigt.

Beale (Nro. 36. Nro. 37) behauptete ein ebenso feines Endnetz ausserhalb des Sarcolems, worin er mit früheren Angaben von Remak (Nro. 11) und Schaafhausen (Nro. 33) übereinstimmte.

Auffindung der motorischen Endplatten.

Die Kühne'sche Publication hatte nach dem Gesagten im Herbst 1862 zu einem sehr unerquicklichen Zustande in der Lehre von der Nerven-Endigung im Muskel geführt. Nervenendknospen (Kühne), freie Enden, blasse Fasern am Sarcolem (R. Wagner, Kölliker, W. Krause) — endlich blasse Endnetze von verschiedener Anordnung und Bedeutung (Schaafhausen, Beale, Kölliker, Margó) standen einander unvermittelt gegenüber.

Jeder fühlte, dass die Sache so nicht bleiben könne, und ohne gegenseitige Kenntnissnahme scheinen an den verschiedensten Orten Versuche gemacht zu sein, wenigstens die Hauptfragen zu lösen.

Zuerst gelang dies dort, von wo man es am wenigsten erwarten konnte, nämlich in Frankreich. Am 29. September 1862 legte Rouget der französischen Akademie der Wissenschaften eine Abhandlung (Nro. 53) vor, wonach die Muskelnerven mit Nervenendplatten (plaques nerveuses terminales) aufhören. Diese platten Scheiben liegen unterhalb des Sarcolems, bestehen aus einer feinkörnigen Substanz, die eine flächenhafte Ausbreitung des Axencylinders darstellt. Sie enthalten zahlreiche Kerne und sind von rundlicher Form. Diese Angaben gelten für die Intercostalmuskeln von Lacerta agilis, die Augen- und Vorderarmmuskeln vom Huhn, die Mm. intercostales, und sternohyoideus des Kaninchens und der Spitzmaus. Was den Frosch betrifft, so schloss sich Rouget den früheren Angaben Kölliker's an.

Die Mittheilung Rouget's blieb leider in Deutschland unbekannt und

am 28. Januar 1863 publicirte ich (Nro. 54) meine eigenen Beobachtungen in einem kurzen Auszuge. Das Erscheinen der ausführlichen mit den ersten Abbildungen begleiteten Mittheilung (Nro. 60) verzögerte sich bis zum April 1863, obgleich der Stich der Tafeln schon im Januar beginnen konnte. Ich hatte die Augenmuskeln der Säugethiere (zuerst die des Pferdes) benutzt und als bestes Untersuchungsobject den M. retractor bulbi der Katze ausgemittelt, auf dessen Studium alle Resultate basirt waren.

Danach endigten die Muskelnerven mit „motorischen Endplatten", wie sie wegen der analogen electrischen Endplatten genannt wurden. Die Endplatten bestehen aus einer Bindegewebsmembran, die zahlreiche Kerne enthält, feinkörniger Substanz und blassen knopfförmig aufhörenden Terminalfasern (erster Ordnung). Sie liegen ausserhalb des Sarcolems, sind von sehr geringer Dicke und stellen kreisförmige oder ovale Scheiben dar. Jede Muskelfaser erhält nur eine Endplatte, ungefähr in der Mitte ihrer Länge; die vorderen Enden des M. retractor bulbi der Katze sind nervenfrei. Zur Untersuchung empfehlen sich ganz frische Muskeln ohne irgend eine Zusatzflüssigkeit und 200-fache Vergrösserungen genügen schon (Fg. 66), um die Endplatten wahrzunehmen. Auch in den Augenmuskeln des Menschen war es bei Gelegenheit einer Hinrichtung gelungen (Nro. 60. S. 148. Taf. VI. Fg. 1 und 2), motorische Endplatten aufzufinden.

Fg. 66.

Sieben Endplatten mit welchen sich ein Nervenstämmchen an ebenso viele Muskelspindeln vertheilt. Aus dem M. retractor bulbi der Katze nach 24stündigem Einlegen des ganz frischen Muskels in Essigsäure von 1$^0/_0$. Vergr. 200. Die Kerne des Sarcolems und der Capillargefässe sind weggelassen. *E* Endplatte mit centraler Insertion der Nervenfaser in der reinen Profilansicht.

Lüdden (Nro. 55) beschrieb bald nach meiner ersten Publication rundliche Terminalkörperchen aus dem Hautmuskel der Ratte, die von mir (Nro. 60. Nro. 66) als Endplatten gedeutet worden sind, obgleich Lüdden sie irrthümlicher Weise den Endkolben parallelisirte.

Wie gleich hier bemerkt werden mag, hat sich noch ein anderer Fall ereignet, in welchem die zur betreffenden Zeit unbekannte Endplatte eine irrthümliche Deutung erfuhr. Zenker (Nro. 82. Taf. V. Fg. 5 unten) hat die Profilansicht einer solchen in unverkennbarer Deutlichkeit abgebildet und die Kerne derselben damals für neugebildete angesehen.

Meine ursprüngliche Mittheilung (Nro. 54. Gött. Nachrichten) erhielt eine weitere Verbreitung durch ein Referat v. Recklinghausen's (Medicinisches Centralblatt, 1863. 7. März), der später (daselbst 18. April) auch über Rouget's Untersuchungen berichtete. Bald folgten übereinstimmende Beobachtungen von Engelmann (daselbst 25. April) und eine Bestätigung durch Waldeyer (daselbst 23. Mai). Beide Forscher behaupteten, die Endplatten wären innerhalb des Sarcolems gelegen, die Nervenfaser endige mittelst der feinkörnigen Substanz der Platte. Indessen bemerkte Waldeyer (Nro. 59), dass man mitunter eine Zweitheilung, auch Dreitheilung des Axencylinders schon im Bereich der Endplatte sehe; Engelmann fügte den bis dahin beschriebenen Endplatten die Auffindung von solchen im M. psoas des Kaninchens, bei Tropidonotus und Anguis hinzu.

Die weiteren Untersuchungen gingen zunächst darauf aus, die erlangten Resultate für alle Thierclassen festzustellen.

Waldeyer fand beim Frosch sowie bei Fischen ebenfalls Endplatten. Sie wurden noch nachgewiesen bei Petromyzon fluviatilis, Hecht, Triton, Cervus alces und bei Wirbellosen (Astacus, Dyticus, Hydrophilus, Musca, Gammarus).

In einer vortrefflichen, alle Thierclassen umfassenden und mit den schönsten Abbildungen begleiteten Monographie (Nro. 63) beschrieb Engelmann die Endplatten ebenfalls bei Wirbellosen. In Betreff der Fische und Amphibien jedoch schloss sich Engelmann mehr an die Kühneschen Angaben an. Es wurden nämlich die Nervenendknospen für Kerne erklärt, die zwischen Sarcolem und der contractilen Substanz liegen, mit der letzteren jedoch in keiner Beziehung stehen. Ebenso wenig hängen sie mit den blassen Terminalfasern zusammen und sind daher nicht als nervöse Organe aufzufassen.

Die ausführlichen Abhandlungen von Engelmann (Nro. 63) sowie später von Waldeyer (Nro. 71) blieben auf dem erwähnten Standpunkt der Verfasser in Betreff der Lage der Endplatten innerhalb des Sarcolems und der Auffassung der feinkörnigen Substanz der Endplatte als Ausbreitung des Axencylinders unverändert stehen. Es ist indessen dabei zu berücksichtigen, dass die Untersuchungen und vorläufigen Mittheilungen der beiden Forscher bereits abgeschlossen sein mussten, als nur meine erste Veröffentlichung (Nro. 54. Gött. Nachrichten), nicht aber die ausführliche Abhandlung (Nro. 60) vorlag. Der anfängliche Augenschein und eine weniger eingehende Untersuchung liefern regelmässig Ansichten, welche für die Lage der Endplatten innerhalb des Sarcolems zu sprechen scheinen. Namentlich gilt dieses für die so häufigen schrägen Profilansichten und für Säure-Präparate. Es ist nach dem Gesagten eine gewisse Präoccu-

pation nicht ausgeschlossen. — Auch Letzerich (Nro. 62) kam über den angedeuteten Standpunkt nicht hinaus.

Vermöge aller dieser Publicationen waren die Kühne'schen Nervenendknospen in eine äusserst missliche Lage gerathen. Dass sie nicht als Nerven-Endorgane betrachtet werden dürfen, sondern gewöhnliche Kerne darstellen, hatten Kölliker, ich, Schiff, Rouget (Nro. 53), Frey (Nro. 61) gezeigt. Eine, wenn auch bedingte Vertheidigung hatten sie nur durch Engelmann gefunden.

Nicht genug mit diesem negativen Resultat war andererseits positiv nachgewiesen, dass die Muskelnerven nicht mit Nervenendknospen, sondern auf eine ganz andere Art, nämlich mit motorischen Endplatten aufhören. Und noch dazu gelang diese Nachweisung, als einmal die Bahn gebrochen und die platte Beschaffenheit der Endorgane erkannt war, einem Jeden mit Leichtigkeit und ohne irgend welche besondere Hülfsmittel. Die Enttäuschung war vollständig.

Von Seiten Kühne's musste offenbar irgend etwas geschehen, um den ungünstigen Eindruck abzuschwächen. Der einzig denkbare Ausweg lag in dem Umstande, dass wenigstens für den Frosch die Nerven-Endigung im Sommer 1863 noch nicht mit Bestimmtheit ermittelt zu sein schien. Wenn es auch noch so wahrscheinlich sein mochte, dass Endplatten auch hier vorkommen, was von mir (Nro. 60) und Waldeyer (Nro. 59) angegeben war, so fehlten damals doch die ausführlichen Nachweisungen.

Der Wahrheit würde es am meisten entsprochen haben, die Nervenendknospen als mit Nervenfasern in Verbindung stehende Organe fallen zu lassen. Sie hätten einfach für indifferente Kerne erklärt werden können, wie sie bei höheren Wirbelthieren an den Nervenenden mehrfach vorkommen. Eine Zeit lang schien es, als ob dieser naheliegende Weg wirklich betreten werden solle (Vergl. Nro. 76. S. 84). Statt dessen wurde jedoch wieder eine falsche Bahn eingeschlagen, auf der es nun keine Rettung mehr gab.

Kühne begann nämlich eine Reihe (Nro. 64. 65. 74. 75. 79. 80. 81) von Publicationen, welche eine andere Tactik befolgten. Es wurde an den Nervenendknospen für Amphibien und Fische festgehalten. Für die höheren Wirbelthiere und die Insecten mussten die motorischen Endplatten zugegeben werden — es blieb also nichts übrig, als zwei unter einander gänzlich verschiedene Typen der Nerven-Endigung aufzustellen (Nro. 64. S. 529). Beiden Typen sollte nur gemeinschaftlich sein, dass die Nervenfaser das Sarcolem durchbohre und mit der contractilen Substanz in directe Berührung trete.

Die Bedeutung der nicht mehr zu leugnenden Thatsache, dass die

Endplatten eigenthümliche, sehr merkwürdige und gar nicht schwer wahrzunehmende Objecte sind, sollte wie es scheint dadurch vermindert werden, dass jedem sachlichen Zugeständniss in dieser Richtung irgend eine Polemik gegen Diejenigen angehängt wurde, welche an Nerven-Endknospen schlechterdings nicht glauben wollten.

Polemik für die Rouget'sche Ansicht betreffs der höheren Wirbelthiere in den Jahren 1863—64.

Was die Säuger etc. betrifft, so war die Rouget'sche Ansicht von Engelmann, Waldeyer, Letzerich bestätigt worden. Wie es nach dem Gesagten nicht anders zu erwarten war, schloss auch Kühne sich derselben Meinung an. Alle diese Beobachter stimmten überein in Betreff der Lage der Endplatten innerhalb des Sarcolems und der flächenhaften Ausbreitung des Axencylinders in die feinkörnige Masse der Endplatte. Gegen die damals von mir allein vertretene Ansicht, dass nämlich die Endplatte ausserhalb des Sarcolems sich befinde, und die Nervenfaser in blasse Terminalfasern übergehe, wurden verschiedene Einwendungen erhoben.

Hier mag zuerst die Frage nach der Lage der Endplatte in Bezug auf das Sarcolem erörtert werden.

Die genannten Beobachter hatten behauptet: die motorischen Endplatten wären im Inneren des Sarcolems gelegen. Diese Behauptung kann nicht daraus bewiesen werden, dass noch so viele Endplatten ihrem scheinbaren Orte nach sich im Inneren der zugehörigen Muskelspindel befinden. Denn sie können ebensogut unter oder über der mit dem Microscop beobachteten Muskelspindel liegen als in derselben. Es ist dabei gleichgültig, ob das Sarcolem an der betreffenden Stelle noch Syntonin enthält oder leer ist. Es fragt sich vielmehr, ob in reinen Profilansichten das Sarcolem die Endplatte überzieht.

Untersucht man viele Endplatten in ganz frischem Zustande ohne Zusatz, so findet man einige darunter, welche die feinkörnige Substanz der Platte in der Profilansicht zwischen zwei Membranen eingeschlossen zeigen. Hier steht also die positive Beobachtung von zwei Membranen gegenüber beliebig zahlreichen negativen Resultaten, wenn man zwar die äussere Membran wahrzunehmen vermochte, nicht aber die innere, der contractilen Substanz zugekehrte. Dieses letztere Ereigniss kann nicht in Verwunderung setzen. Es ist vielmehr unabwendbar, dass die Kerne der Endplatte diejenige Contour, welcher der inneren Membran, d. h. dem Sarcolem entspricht, verdecken. Mag man Einlegen des Muskels in ver-

dünnte Essigsäure u. s. w. angewendet haben oder gar keine Reagentien zusetzen — die Kerne müssen die Contour des Sarcolems überlagern und sie unsichtbar machen (weil die Kerne sie verdecken), sobald die Muskelspindeln etwas abgeplattet sind. An solchen erhält man überhaupt gar keine reinen Profilansichten mehr.

Ob man eine wirklich reine Profilansicht einer Endplatte an einer cylindrischen, nicht abgeplatteten, frisch untersuchten Muskelspindel vor sich hat, ist sehr leicht zu entscheiden. Die Endplatten selbst sind nämlich sehr dünn. Ihren Dickendurchmesser habe ich an ohne Zusatz untersuchten, ganz frischen Präparaten im M. retractor bulbi der Katze zu 0,006—0,008 Mm. gefunden, was Engelmann (Nro. 63. S. 28) bestätigte. Neuerdings hat auch Rouget (Nro. 68) sich von dem constant sehr geringen Dickendurchmesser der Endplatten überzeugt. Mithin beruht es — abgesehen von mechanischen Misshandlungen — rein auf optischen Gründen (Lagerung der Endplatten gegen die optische Axe des Microscops resp. Focus-Einstellung), wenn die sehr dünnen Platten manchmal dicker zu sein scheinen.

Es ist zu bemerken, dass unter allen in früherer Zeit abgebildeten Profilansichten von motorischen Endplatten nur zwei die wahre Dicke vollkommen richtig wiedergeben. Es sind die Darstellungen von Waldeyer (Nro. 71. Taf. X. Fg. 23) und Rouget (Nro. 68. Taf. VIII. Fg. 1). Beide beziehen sich auf die Eidechse. Alle übrigen, auch meine eigenen (S. 56. Fg. 25 *A*), zeigten die Endplatten verhältnissmässig zu dick. Jene Abbildungen konnten damals durch keine besseren ersetzt werden, weil ich die besten Profilansichten für microscopische Bestimmungen und chemische Proben zu verwenden vorgezogen hatte, anstatt sie abzuzeichnen. Diese Lücke wurde später ausgefüllt (Nro. 89. Taf. X. Fg. 2. S. oben S. 65. Fg. 31).

Abgesehen von dem scheinbaren Dickendurchmesser gibt es noch ein zweites ebenfalls sehr einfaches Mittel, sich zu überzeugen, ob man eine Endplatte in reiner Profilansicht vor sich hat. Die Kerne der Endplatte sind nämlich ebenfalls abgeplattet. Ihre Dicke beträgt, wie früher angegeben (Nro. 60), 0,0025 Mm. Alle Kerne also, welche eine beträchtlichere Breite zeigen, sind gar nicht im Profil gesehen und folglich auch nicht die Stellen der motorischen Endplatte, welche sie einnehmen. Stets liegen sie an der inneren Fläche der Bindegewebsmembran, und niemals in der feinkörnigen Substanz der Endplatte oder zwischen der letzteren resp. den blassen Terminalfasern und dem contractilen Sarcolem-Inhalt. Das Gesagte resultirt aus der Untersuchung wirklich reiner Profilansichten von Endplatten ganz frischer Muskeln.

Nach dem Gesagten lehrte die Beobachtung, dass die scheinbar feinkörnige Substanz der Endplatte zwischen zwei Membranen liegt. Es

fragte sich, welche als Fortsetzung des Sarcolems zu bezeichnen sei: die innere oder die äussere, was nur mit chemischen Hülfsmitteln aufgeklärt werden konnte.

Auch gegen die auf letzterem Wege angetretene Beweisführung hat man Einwendungen versucht. Die von Waldeyer gemachten sind bereits oben (S. 68) berücksichtigt. Andere hier zu widerlegende wurden von Kühne vorgebracht.

Gleich Anfangs (Nro. 60) hatte ich angegeben, die Bindegewebsmembran der Endplatte sei resistent gegen verdünnte Essigsäure. Auf diese von mir ermittelte Thatsache gestützt wurde zuerst (Nro. 64. S. 517) behauptet, jene Membran könne unmöglich dem Bindegewebe zugerechnet werden. „Dass es sich nicht um Bindegewebe handelt, sieht man klar an mit Säuren behandelten Präparaten u. s. w.“

An und für sich würde das nur ein Wortstreit sein; es werden bekanntlich viele Dinge allgemein für Bindegewebe erklärt, die sehr resistent gegen Essigsäure sind. Gleichzeitig (Nro. 64. S. 524) wurden aber die blassen Nervenfasern, welche in den Froschmuskeln von Kölliker und mir beschrieben waren, namentlich aus dem Grunde für Bindegewebe erklärt, weil das letztere von sehr verdünnten Säuren nicht angegriffen werde: es könnten mithin Bindegewebsstreifen an Säure-Präparaten für Nervenfasern imponiren. In beiden Fällen waren dieselben Concentrationen von Säure-Mischungen benutzt worden. Unter diesen Umständen muss angenommen werden, dass der Verfasser sich nicht erinnerte, was von ihm acht Seiten vorher behauptet worden war.

Die Versuche, welche dann angestellt wurden, um zu zeigen, dass das Sarcolem sich chemisch ebenso verhalte, wie die Bindegewebsmembran der Endplatte, führten zu dem Resultate (Nro. 64. S. 518), dass beide Membranen durch Salpetersäure und chlorsaures Kali zerstörbar sind. Der Erfolg dieses nicht ganz glücklich gewählten Experimentes hätte sich voraussagen lassen. Die Löslichkeit in so eingreifenden Reagentien wird Niemand in Verwunderung setzen.

Mit besseren Hülfsmitteln gelingt es aber die Differenzen im chemischen Verhalten beider Membranen klar zu legen. Durch dieselben sind weitere (Nro. 89. Nro. 110) oben mitgetheilte Beweise für die Ansicht gewonnen, dass die motorischen Endplatten der Säuger in der That ausserhalb des Sarcolems gelegen sind.

Was diesen letzteren Punkt anlangt, so hat Kühne schon in einer Beziehung meine Angaben bestätigt und auffallender Weise nicht beachtet, dass damit die schlagendste Widerlegung seiner eigenen Behauptungen geliefert war. Wir stossen hier zum zweiten Male auf den Fall, dass dieser Gelehrte, wie es scheint, den Widerspruch mit sich selbst nicht bemerkt.

Früher (Nro. 64. S. 516) war, gestützt auf das optische Verhalten, welches die meisten in schräger Profilansicht beobachteten Endplatten zeigen, mit bekannter Energie behauptet worden: die Kerne der Endplatten lägen nicht in der Bindegewebsmembran, sondern in der feinkörnigen Substanz selbst. Später (Nro. 81. S. 196) wird meine ursprüngliche Angabe einfach bestätigt: „da die Membran, welche die äussere Fläche oder Platte deckt, wirklich nicht selten Kerne enthält.“ Früher (Nro. 64. S. 516) sollten diese Kerne dem interstitiellen Bindegewebe zwischen den Muskelfasern angehören. Es wurde diese Verwechslung behauptet, weil nicht Gewicht genug auf die Isolirung der Muskelfasern gelegt worden sei. Später (Nro. 81. S. 210) wurde zugestanden, dass gerade im M. retractor bulbi der Katze sich die Muskelfasern ungemein leicht isoliren lassen. Schliesslich ist durch Kühne (Nro. 109. S. 158) darauf aufmerksam gemacht worden, dass meine Beschreibung dieser Kerne als klarer Bläschen mit Kernkörperchen richtig sei gegenüber den Angaben der meisten Autoren, die von fein granulirten Kernen sprechen. Diese Differenz hat darin ihren Grund, dass die erstere Beschreibung sich auf die frisch ohne Zusatz untersuchten Kerne bezieht, während Manche nur Präparate benutzt zu haben scheinen, die schon in verdünnten Säuren macerirt waren. Die Behauptung, dass die Kerne der Endplatte unter einander Verschiedenheiten darbieten — von der nicht ganz constanten Grösse natürlich abgesehen — ist vollkommen unbegründet. Dass die betreffenden Kerne von denen des Sarcolems verschieden sind, war schon anfangs zugegeben.

Es ist also zugestanden, dass die Bindegewebsmembran der Endplatte, wie ich es gleich anfangs gefunden hatte, Kerne enthält, die mit denen des Neurilems identisch sind. Wie einer solchen Thatsache gegenüber noch behauptet werden kann, diese Bindegewebsmembran sei ein Theil des Sarcolems, ist vollkommen unverständlich.

Was die Nervenendigung innerhalb der Endplatte betrifft, so gaben Rouget, Engelmann, Kühne (Nro. 64) und Waldeyer (Nro. 71) übereinstimmend an: die doppelt-contourirte Nervenfaser verliere sich diffus in die feinkörnige Masse der Endplatte und letztere Masse selbst sei nervöser Natur. Später (Nro. 75) wurde jedoch behauptet, dass die Nervenfaser in ein blasses Endnetz übergehe.

Nachdem ich gezeigt hatte, dass kurze, blasse Terminalfasern in den Endplatten des M. retractor bulbi der Katze vorkommen, bestritt unter Anderen auch Kühne (Nro. 64. S. 519) meine Angabe. Dieser Schriftsteller hatte dabei (hier zum dritten Male), wie es schien, vergessen, dass von ihm selbst früher etwas Aehnliches beschrieben und sogar abgebildet worden war. Damals bestrebte sich derselbe noch, bei den Muskeln aller

Thiere ähnliche Verhältnisse nachzuweisen, wie sie beim Frosch behauptet waren. Es wurde dem entsprechend von den Muskelfasern des Hundes, Meerschweinchens u. s. w. angegeben (Nro. 41. S. 31), dass man die aus zahlreichen Theilungen hervorgehenden Nervenfasern in der Profilansicht durch das Sarcolem zur contractilen Masse eintreten sehen könne. „Die Fortsetzung der Faser erscheint auch hier (nach Behandlung mit kräftigen Oxydationsmitteln) als zerbröckelte Masse.“ Dem entsprechend wurde (Nro. 41. Taf. II. Fg. 11) wie schon erwähnt, eine Muskelfaser vom Menschen abgebildet. Eine sich theilende, doppelt-contourirte Nervenfaser soll unter das Sarcolem treten (was aus der Abbildung freilich nicht hervorgeht. Denn in der That wird die fragliche Faser an der dem Spiegel des Microscops zugekehrten Seite der Muskelfaser gelegen haben.) Dann wird eine doppelte Reihe von kleinen Körperchen, die im Aussehen einige Aehnlichkeit mit atrophirten Nervenendknospen darbieten, in der Tafelerklärung (Nro. 41. S. 36) unter *bb* für „Zerbröckelte Masse als Fortsetzung des Nerven unter dem Sarcolem“ erklärt.

Ob die abgebildete doppelt-contourirte Nervenfaser wirklich eine solche war, ist wegen der vorausgegangenen eingreifenden Behandlung mit Salpetersäure und chlorsaurem Kali nicht mehr zu entscheiden und nach dem, was wir heute über die motorischen Endplatten wissen, für Manchen vielleicht unwahrscheinlich. Gleichwohl scheint der Verfasser dadurch berührt worden zu sein (Nro. 81. S. 207), dass seine angebliche Beobachtung von mir nicht schon in meiner ursprünglichen Mittheilung (Nro. 60) als Bestätigung der blassen Terminalfasern aufgeführt worden war. Niemand aber wird unvorsichtig genug sein, eine einmalige Beobachtung, die mittelst so zerstörender Reagentien erhalten worden war, als Bestätigung für einen zweifelhaften resp. bestrittenen Satz zu benutzen. Die Existenz der blassen Terminalfasern konnte nicht im Geringsten durch jene frühere Beobachtung bestätigt werden. Die Sache lag vielmehr so. Vorausgesetzt, meine Darstellung in Betreff dieser Fasern beruhte auf einem Irrthum, so hatte Kühne am wenigsten das Recht sich dagegen zu erheben. Denn er hatte früher selbst geglaubt etwas Aehnliches gesehen zu haben, wie durch jenes Citat bewiesen werden konnte.

Die blassen Terminalfasern erster Ordnung, sowie ihre knopfförmigen Endigungen sind in dem Gewirre feinster Terminalfasern nicht bei allen Endplatten sichtbar, sondern unter den günstigsten Umständen nur in einigen. Daher erscheint es unnöthig, die Gründe aufzusuchen, weshalb andere Beobachter sie nicht finden konnten, und zu dem rein negativen Resultat gelangten, dass die doppelt-contourirte Nervenfaser sich diffus in die feinkörnige Substanz der Endplatte verliere. Indessen sind sie

später von Schönn (Nro. 85) beim Schwein wieder aufgefunden und als Axencylinder beschrieben worden, und auch Engelmann (Nro. 106) hat sich in der Lage gesehen, die Existenz derselben bei Reptilien anzuerkennen.

Nach einer neueren Darstellung aber soll in der feinkörnigen Substanz der Endplatte ein nervöses Endnetz verborgen sein.

Was die Endplatten der Eidechse anlangt, so war von mir (Nro. 66. S. 8) die erste Bestätigung der Rouget'schen Angaben geliefert und auf die sehr beträchtliche Grösse mancher schon bei 100facher Vergrösserung sichtbaren Endplatten dieses ausgezeichneten Objectes aufmerksam gemacht. Als später auch Kühne (Nro. 75) auf die Untersuchung desselben Thieres gekommen war, erlitt seine frühere Ansicht über die feinkörnige Substanz der Endplatten eine wesentliche Abänderung. Die Nervenfaser endigt danach nicht als eine granulirte Scheibe, sondern theilt sich in zwei oder mehrere Aeste. Dieselben theilen sich von Neuem, die Aestchen anastomosiren unter einander und so entsteht das Bild einer „Nervenplatte.“ Die peripherischen Ränder derselben sind zackig oder wellenförmig, oft mit kurzen, knolligen Ausläufern besetzt; die Platte ist netzförmig durchbrochen. Das auf diese Weise entstehende Endnetz soll weitmaschiger oder engmaschiger sein können. Diese nachträglich auch auf die Säugethiere ausgedehnte Beschreibung wurde von Cohnheim (Nro. 92) in allen wesentlichen Punkten bestätigt.

Es wird also wieder einmal wie schon so oft behauptet: die motorischen Nervenfasern der höheren Wirbelthiere hören mit Endnetzen auf. Der Unterschied gegen frühere Angaben liegt zunächst in der absoluten Grösse: die alten Endschlingen von Valentin u. A. bedeckten viele Gesichtsfelder eines Microscops, die modernsten sind in dem winzigen Raume einer motorischen Endplatte vereinigt. Da die Endnetze in den letzten 20 Jahren den Angaben ihrer Anhänger zufolge immer kleiner und immer enger geworden sind, so ist die Hoffnung nicht aufzugeben, dass sie, wenn es so fortgeht, schliesslich unsichtbar werden dürften.

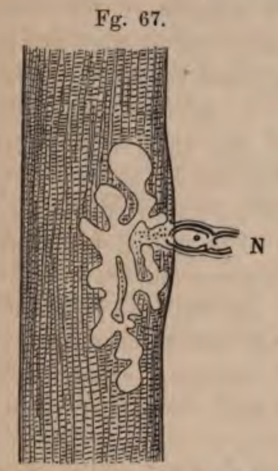
Es mag in physiologischer Hinsicht vorläufig gleichgültig erscheinen, wie Kühne (Nro. 41. S. 2) behauptete, ob eine isolirte Nervenfaser mit einem freien oder einem netzförmigen Ende aufhört. Anatomisch betrachtet bleibt es jedoch nicht weniger merkwürdig, wenn man immer von Neuem auf längst beseitigt geglaubte Irrthümer zurückzukommen vermag.

An günstigen Objecten, wie sie mir sowohl der M. retractor bulbi der Katze, als die Intercostalmuskeln von Lacerta agilis darboten, ist es nicht schwierig in der motorischen Endplatte eine Art von netzförmiger Anordnung zu sehen. Diese tritt um so deutlicher hervor, wenn einige

Zeit nach dem Tode verflossen ist (Nro. 89. Taf. X. Fg. 1), oder wenn man die frischen Muskelspindeln etwas lange betrachtet, wobei sie von selbst sauer werden, oder sehr verdünnte Säuren anwendet, welche letzteren auch von Kühne empfohlen wurden. Auf Flächenansichten umgeben die Netze optisch die Kerne der Endplatten. Indem die blassen Terminalfasern zweiter Ordnung nach dem Tode zu Grunde gehen, und durch eine Art von Gerinnungsvorgang zu einer festeren Haut zusammenfliessen, entsteht unter den angegebenen Verhältnissen der Anschein eines Netzwerkes. Es sieht nämlich die feinkörnige Substanz gerade an den Stellen durchbrochen aus, wo die Kerne liegen, weil die letzteren undurchsichtiger werden. Es sind also die nicht erkannten Terminalfasern zweiter Ordnung in verändertem Zustande, welche (Nro. 75. Nro. 81) als nervöses Endnetz beschrieben wurden. In Wahrheit aber ist die anscheinend feinkörnige Masse gar nicht unterbrochen, sondern erstreckt sich als continuirliche, dünne Lage über das Sarcolem. Auf wirklich reinen Profilansichten zeigt sich nämlich, dass die Endplattenkerne nicht in der scheinbar feinkörnigen Substanz liegen, am wenigsten zwischen derselben und dem contractilen Sarcoleminhalt, wie behauptet worden ist, sondern nach aussen von der ersteren d. h. an der Innenfläche der Bindegewebsmembran der Endplatte. Folglich können die Kerne die feinkörnige Substanz nicht unterbrechen.

Eine andere Täuschungsquelle liegt in dem Umstande, dass öfters nicht nur einzelne Kügelchen, sondern grosse Tropfen von Nervenmark aus der doppelt-contourirten Nervenfaser in die Endplatte hineinschlüpfen können. Dies kommt in Folge von unvorsichtiger Manipulation namentlich auch bei der Eidechse vor, und es entsteht dann eine frappante Aehnlichkeit (Fg. 67) mit einer angeblichen Nervenendplatte. Die Nachweisung des Kunstproductes ist sehr leicht, da das aus Nervenmark bestehende Trugbild gegen verdünnte Natronlauge sich resistent verhält. Als bemerkenswerth erscheint es, dass die Nervenmarkkügelchen niemals in das Innere der Muskelspindel resp. in die interstitielle Flüssigkeit der contractilen Substanz eindringen, woran sie Nichts verhindern könnte, wenn die Endplatte innerhalb des Sarcolems gelegen wäre.

Fg. 67.



Motorische Endplatte aus den Intercostalmuskeln von Lacerta agilis. Frisch mit Wasser, Flächenansicht. Vergr. 700. Die contractile Substanz ist fibrillär getrübt; die motorische Endplatte mit Nervenmark gefüllt, welches aus der Nervenfaser *N* hineingeflossen.

In den motorischen Endplatten ist also kein nervöses Endnetz enthalten, welches letztere

gleich anfangs (Nro. 60. S. 147) von mir in Abrede gestellt worden war. Die Irrthümer, welche zur Annahme eines solchen geführt haben, wurden im Vorhergehenden aufgedeckt. Wie es zu gehen pflegt, ist aber eine Thatsache in der Kühne'schen Beschreibung richtig und zugleich von wesentlicher Bedeutung. Unglücklicherweise ist sie nicht neu. Der Punkt, auf den Alles ankommt, ist der (öfters dichotomische) Uebergang der doppelt-contourirten Nervenfasern in blasse Fasern (Terminalfasern erster Ordnung) bei ihrem Eintritt in die scheinbar feinkörnige Masse. Dieses Verhalten war von mir (Nro. 60) zuerst und von der Rouget'schen Annahme einer bloss feinkörnigen Substanz abweichend beschrieben und dann durch Kühne in seiner Beschreibung der Eidechsen-Endplatte (S. oben S. 133) bestätigt worden.

Auf experimentellem Wege liess sich die nervöse Natur der blassen Terminalfasern (erster Ordnung) daraus beweisen (W. Krause, Nro. 76), dass sie nach Nervendurchschneidungen fettig entarten. Gegenüber dieser Thatsache (Nro. 76. Taf. IV. Fg. 2) nahm Einer (Nro. 81. S. 215) seine Zuflucht zu der Behauptung, es könnten Nervenmarkkügelchen durch Druck aus der doppelt-contourirten Nervenfaser in die Endplatte hineingelangen. Offenbar blieb diesem Autor nichts übrig, als mechanische Misshandlung anzunehmen, um eine ungelegene Thatsache wegzuleugnen.

Durch den Umstand, dass anstatt der blassen Terminalfasern nach Nervendurchschneidungen im Inneren der Endplatten Fettkörnchenreihen auftreten, war die Schlussfolgerung unterstützt worden, dass jene blassen Nervenfasern schon im Normalzustande etwas Fett enthalten. Wie es scheint, wird jene zunächst aus anderweitigen chemischen und optischen Gründen aufgestellte Schlussfolgerung noch bezweifelt (Nro. 81. S. 213). Es ist darüber Folgendes zu bemerken. Niemand bestreitet, dass blasse Nervenfasern und doppelt-contourirte im optischen Verhalten sehr wesentliche Differenzen zeigen. Nur aus diesem Grunde hat man bekanntlich überhaupt die Unterscheidung der beiden Faserarten nöthig gefunden. Zu bestreiten ist nur die Berechtigung, die blassen Nervenfasern ohne weitere Beweise für gleichartig mit dem als aus eiweissartiger Substanz bestehend angenommenen Axencylinder der doppelt-contourirten Nervenfibrillen auszugeben, womit auch Kölliker (Gewebelehre 4. Aufl. S. 288) übereinstimmt. Es ist im Gegentheil sicher, dass sehr wesentliche Differenzen zwischen beiderlei Gebilden existiren.

Weiterhin hat Kühne (Nro. 81. S. 215) noch bemerkt, dass keine Nöthigung vorzuliegen scheine, die von mir beschriebenen sparsamen grösseren Körnchen, welche man constant in den Endplatten findet, für Fett zu halten. Derartige Körnchen oder Tröpfchen werden allgemein für Fett angesprochen, wenn sie ein starkes Brechungsvermögen zeigen

und nach Einwirkung von Säuren wie von kalten Alkalien ihren Glanz unverändert behalten. Dass diese Reactionen nicht ausreichen um zu beweisen, dass viele solche Körnchen nur aus Fett bestehen, wie es vielmehr in manchen Fällen wahrscheinlich ist, dass sogar stickstoffhaltige Substanzen den fetten Körpern beigemengt sind, ist bekannt genug. Auch wird Niemand eine beliebige Substanz für wohl characterisirt bloss desswegen halten, weil sie den Fetten zugerechnet worden ist.

An sich würde hiergegen nichts einzuwenden sein. Auffallend ist nur, dass jener Schriftsteller auf derselben Seite, woselbst die von mir beschriebenen Fettkörnchen angezweifelt werden, Folgendes angibt: „Ich habe ausnahmslos 24 Stunden nach der Durchschneidung des Ischiadicus die (Endplatten) mit unzweifelhaften, durchschnittlich 6—10 deutlich erkennbaren Fetttröpfchen angefüllt gesehen u. s. w."

Ist man überhaupt strengere Beweise zu verlangen geneigt, dass die von mir erwähnten, immerhin sehr auffallenden Körnchenreihen der fettig degenerirten Terminalfasern wirklich aus Fett bestehen, so fragt sich, woran denn jene einzelnen Fetttröpfchen als solche „deutlich erkennbar" waren. Zum vierten Male (S. oben S. 130 und 131) scheint hier der Fall vorzukommen, dass der Autor vergass, was von ihm kurz vorher gesagt worden war.

Man könnte nun geneigt sein, aus den zuletzt erwähnten Angaben den Schluss ableiten zu wollen, dass die Terminalfasern im Inneren der motorischen Endplatten schon binnen 24 Stunden nach der Durchschneidung der Nervenstämme Spuren der fettigen Degeneration, die später an ihnen unzweifelhaft auftritt, darbieten. Gegen einen derartigen Schluss ist nur einzuwenden, dass, wie gesagt, normal in der feinkörnigen Substanz der Endplatten einzelne Fetttröpfchen enthalten sind, was ich gleich anfangs (Nro. 60. S. 138) angegeben habe. Jene Beobachtung enthält also nichts weiter, als eine Bestätigung dieses normalen Verhältnisses.

Wenn es nach dem Bisherigen schon feststeht, dass Fettkörnchen oder Fetttröpfchen in den normalen Endplatten enthalten sind, so kann man sie sehr deutlich in folgender Weise zur Anschauung bringen. Legt man den M. retractor bulbi der Katze 48 Stunden lang in Natronlauge von ca. 8 %, so wird die Muskelsubstanz zu einer anscheinend homogenen, schleimigen, mit zahlreichen Krystallen* durchsetzten, vollkommen durchsichtigen Masse. Darin erkennt man mit Leichtigkeit die Stämmchen doppelt-contourirter Nervenfasern, sowie isolirte Fibrillen. Das Neurilem erscheint mit unregelmässigen Fetttröpfchen angefüllt. Die einzeln verlaufenden Nervenfibrillen lassen sich bis zu den Endplatten verfolgen. In den letzteren sieht man eine Anzahl feiner Fetttröpfchen, welche so

* Diese Krystalle verdienten wohl eine genauere chemische Untersuchung.

angeordnet sind, dass dadurch die ursprüngliche Form der Endplatte unter diesen Umständen erkennbar bleibt.

Diese Fettkörnchen gehen ohne Zweifel aus den Kernen in der Bindegewebsmembran der Endplatte hervor. Legt man nämlich Muskeln des Menschen einige Tage in eine concentrirte Lösung von saurem chromsaurem Kali, dann vier Stunden in gewöhnliche reine concentrirte Salpetersäure und nachher in Glycerin, so bemerkt man, dass der Ort der Kerne des Sarcolems sehr constant angegeben wird durch vier bis fünf linear angeordnete, starkglänzende Fettkörnchen, oder Fetttröpfchen. Dasselbe gilt auch für die Kerne der Endplatten, welche unter diesen Umständen selbst nicht mehr erkannt werden können.

Endlich ist früher noch bestritten worden, dass die Basis der Endplatte in der Profilansicht feingezähnelt sei.

Die Zähnelung erscheint in der Profilansicht auf Längs- und Querschnitten (Nro. 60) und ist jetzt als bedingt durch die kolbigen Enden der Terminalfasern zweiter Ordnung erkannt worden. Ursprünglich behauptete Kühne (Nro. 64. S. 515), die Zähnelung rühre von den sarcous elements an der Grenze des anstossenden Muskelinhalts her. Die Hervorragungen sind jedoch, wie früher gezeigt wurde, zu fein, um diese Erklärung stichhaltig erscheinen zu lassen. Später wurde behauptet (Nro. 81. S. 196), die untere Fläche der Bindegewebsmembran der Endplatte sei nach meiner Darstellung gezähnelt. Das ist vollständig irrthümlich. Die Bindegewebsmembran liegt aussen auf der feinkörnigen Substanz der Endplatte und von mir wurde durchaus keine (dritte) Membran beschrieben, welche zwischen der feinkörnigen Substanz und dem Sarcolem läge, wie behauptet worden ist. Die betreffende Stelle in meiner ersten Mittheilung (Nro. 60. S. 138) lautet: „Die feinkörnige Masse liegt wie eine dünne Membran zwischen der Bindegewebsmembran der Endplatte und dem Sarcolem. Auf der Profilansicht sieht letzteres öfters feingezähnelt aus und es ist die dem Sarcolem zugekehrte Fläche der feinkörnigen Masse nicht glatt, sondern mit feinsten Hügeln besetzt.“ Die anscheinend feinkörnige Substanz selbst ist also nach meiner Darstellung gezähnelt und diese von Kühne anfangs, wie gesagt, energisch bestrittene Angabe ist dann später insofern bestätigt, als derselbe (Nro. 81) auch die dem Sarcoleminhalt zugekehrte Fläche seines nervösen Endnetzes grössere und kleinere kolbige Fortsätze in der Profilansicht zeigen lässt. Der Unterschied zwischen diesen Angaben und den meinigen ist aber wesentlicher, als sich aus dem Umstande herleiten lässt, dass die von anderer Seite her beschriebenen Fortsätze zum Theil etwas grösser und dicker sind, als sie der von mir beobachteten, feinen Zähnelung des Sarcolems entsprechen würden. Was Kühne aus Eidechsenmuskeln abbildete (Nro. 75. Taf. XIV. Fg. 1 u. 2),

sind die Ränder von in schräger Profilansicht gesehenen Endplatten. Schon oben wurde angegeben, dass die scheinbar feinkörnige Substanz nicht von Kernen unterbrochen ist, und dass ihre Ränder nur in Folge eines Gerinnungsvorganges gezackt und faltig erscheinen können. An reinen Profilansichten aber erscheint die Zähnelung viel feiner und es ist hiernach nicht anzunehmen, dass Kühne dasselbe gesehen hat wie ich. Jedenfalls aber hat der genannte Autor eine analoge Zähnelung in seiner schematischen Profilansicht (Nro. 81. Taf. IX. Fg. 6) abgebildet, wie ich sie früher nach der Natur zeichnete, und damit dürfte auch dieser Streitpunkt als erledigt zu betrachten sein.

Polemik in Betreff der Endplatten bei niederen Wirbelthieren.

Der wesentlichste Fortschritt in der Kenntniss der motorischen Endplatten bei nackten Amphibien und Fischen ist den Untersuchungen Waldeyer's zu verdanken. Zuerst wurden die Endplatten der Fische (Nro.71) richtig erkannt und bei Knochenfischen (Hecht) als von langgestreckter Form beschrieben. Beim Frosch fand Waldeyer seiner Beschreibung zufolge vollständig analoge Verhältnisse, bildete jedoch nur einen seiner Meinung nach als Ausnahme zu betrachtenden Fall ab (Nro. 71. Taf. X. Fg. 19), in welchem die längliche Platte fünf Kerne enthielt.

Was mich betrifft, so fand ich (Nro. 60. Nro. 66) beim Frosch, wie bei Knochenfischen kleine runde Endplatten, die nicht mehr als einen Kern aufwiesen und theils in einfacher Zahl, theils zu mehreren an einer Muskelfaser sassen. Diese Beobachtungen umfassten nur einen Theil der Vorkommnisse, und erfuhren insofern falsche Deutungen, als es damals wahrscheinlich war, dass die Froschmuskelspindel mehrere Endplatten erhalten könne, was aus den in diesem Punkte übereinstimmenden Untersuchungen von Reichert (Nro. 22), Wagner (Nro. 24), Kühne (Nro. 41), Kölliker (Nro. 48) und Margó (Nro. 51) zu folgen schien. Seitdem hat sich herausgestellt, dass die angeblichen Nervenendigungen und „Nervenendbüsche", die in mehrfacher Zahl und grosser Entfernung von einander an einer Muskelspindel haften

Fg. 68.



Muskelspindel aus dem M. sartorius des Frosches, durch 0,01%ige Schwefelsäure und Erwärmen auf 35° während 24 Stunden isolirt. Vergr. 300. Von der wahrscheinlich etwas zu breit gezeichneten Muskelspindel sind nur die Contouren angegeben. *N* feine doppelt-contourirte Nervenfaser, die frei flottirt. *ek* Kern der Bindegewebsmembran der Endplatte. Reine Profilansicht.

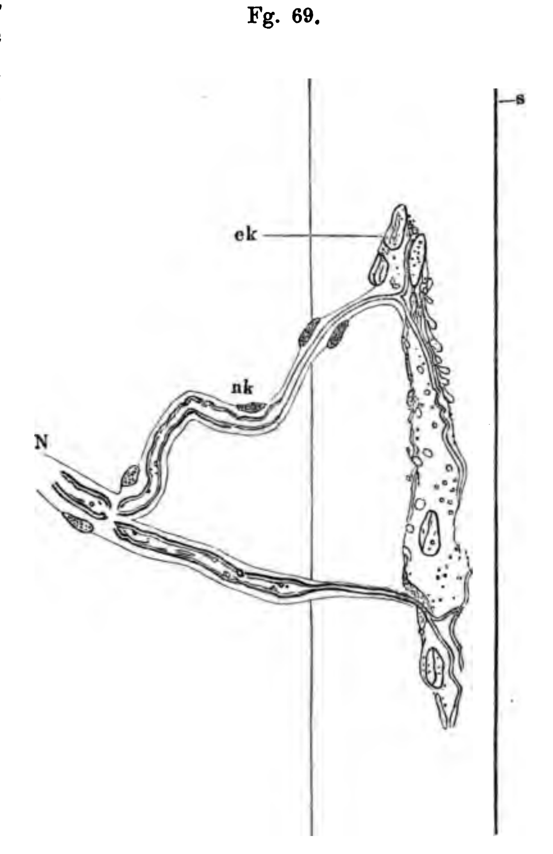
sollen (Nro. 41. Taf. III. Fg. 14), nichts weiter sind, als leere Capillargefässe! Jede Muskelspindel tritt nämlich beim Frosch wie bei allen (so viel bekannt) übrigen Wirbelthieren nur an Einer Stelle ihrer Länge mit Nervenfasern in Berührung.

Beim Frosch finden wie gesagt verschiedene Verhältnisse statt und jene Bilder (Nro. 66. Taf. I u. II), die alle vollkommen naturgetreu sind, erklären sich jetzt auf folgende Art.

Erstens (Fg. 68) kommen wirklich kleine rundliche oder Myrtenblatt-förmige Endplatten vor, von denen nur Eine an der zugehörigen Muskelspindel sitzt. Diese Muskelspindeln aber sind dünner als die übrigen, was ich früher nicht beachtet hatte. Es sind die jungen Elemente, die von Kühne früher (Nro. 41) für nervenlos erklärt worden sind; sie erhalten blasse Nervenfasern.

Zweitens kann man bei frisch ohne Zusatz untersuchten Froschmuskelspindeln öfters nur eine geringe Menge von feinkörniger Substanz am Nerven-Ende wahrnehmen. Solche Fälle sind auch von Engelmann (Nro. 63. S. 21. Taf. II. Fg. 3. *M*) bei Bombinator gezeichnet, jedoch anders gedeutet. Wenn man nun eine oder meistens mehrere durch Theilung entstandene Nervenfasern an den gewöhnlichen breiteren Muskelspindeln ansitzend findet, so kann die anscheinend feinkörnige Substanz am frischen Präparat nicht von einer scheinbar kleinen rundlichen Endplatte zur anderen verfolgt werden. An Säure-Präparaten (Fg. 69) aber bekommt

Fg. 69.

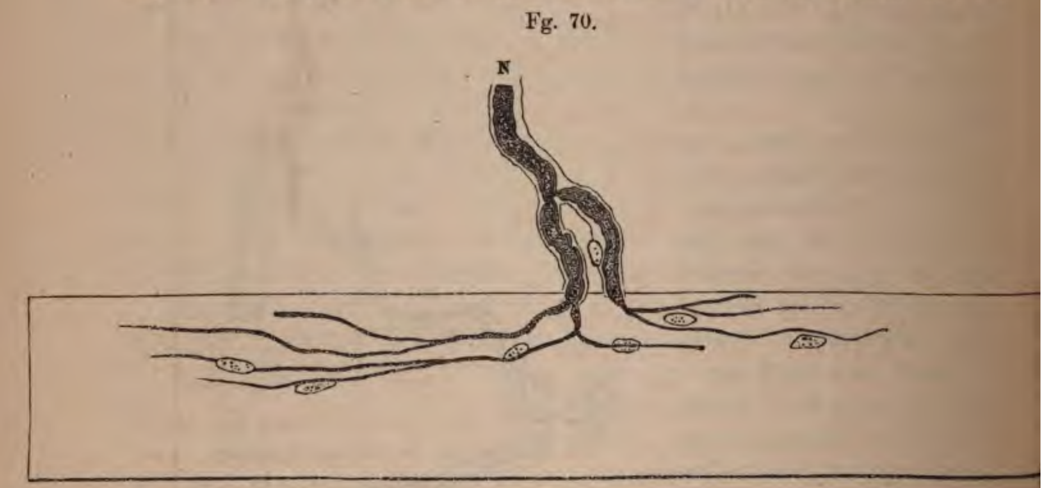


Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Letzte Muskelspindel des medialen Randes. Nach zweistündigem Einlegen in Chlorwasserstoffsäure (1 : 700). Das Sarcolemrohr ist leer. Vergr. 1000. *N* Nervenfaser, die sich in zwei von Neurilem bekleidete doppelt-contourirte Fibrillen theilt. Aus letzteren gehen blasse Terminalfasern hervor. *nk* Kern des Neurilems. *ek* Kern der Endplatte. *s* Sarcolem.

man Ansichten der länglichen Endplatte in ihrer ganzen Ausdehnung. In Wahrheit erhalten also die betreffenden Muskelspindeln nicht mehrere kleine runde, sondern Eine grosse, langgestreckte Endplatte. Hierauf sind einige der früher (Nro. 66. Taf. I. Fg. 3 u. 4) abgebildeten Fälle zurückzuführen.

Drittens ist in den langgestreckten Weidenblatt-förmigen Endplatten des Frosches die Nerven-Verzweigung entweder eine sparsamere. Die blassen Terminalfasern erster Ordnung laufen unverzweigt in kolbenförmige oder spitzzulaufende Endigungen aus; Terminalfasern zweiter Ordnung fehlen. Zwischen den wesentlich in der Längsrichtung der Muskelspindeln sich erstreckenden Terminalfasern erster Ordnung sieht man in der Flächenansicht einzelne Kerne, die der motorischen Endplatte angehören (Fg. 70). Wie es scheint haben ähnliche Bilder, welche für die

Fg. 70.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches in Flächenansicht. Nur die Contouren der Muskelspindel sind angegeben. Durch zweistündiges Einlegen in Goldchlorid von 1 : 1000 und 24 stündiges in Chlorwasserstoffsäure (1 : 1000) sind die genannten Elemente dunkel gefärbt. Vergr. 1000. *N* Nervenfaser. Die Endplatte zeigt sechs Kerne; die blassen Terminalfasern erster Ordnung sind unverästelt.

eigentliche Norm angesehen und irrthümlicher Weise als Profilansichten gedeutet wurden, den ursprünglichen Beschreibungen von Kühne zu Grunde gelegen, und es ist nicht unmöglich, dass unter den sog. Nervenendknospen ausser Neurilemkernen auch solche Kerne mitfigurirt haben, die der damals nicht erkannten motorischen Endplatte selbst angehörten.

Oder viertens: es kann in den Weidenblatt-förmigen Endplatten die Nerven-Verzweigung eine reichhaltigere sein, indem die Terminalfasern erster und zweiter Ordnung durch successive Theilungen mannigfaltige Figuren bilden (Fg. 71). Diese erst neuerdings erkannten Formen sind die eigentlich typischen, denn sie stellen gleichsam in gröberer Weise

directe Analoga zu den motorischen Endplatten der höheren Wirbelthiere dar. Auch etwas feinkörnige Substanz pflegt in derselben vorhanden zu sein.

In der geschilderten Mannigfaltigkeit der Verhältnisse liegt die scheinbare Schwierigkeit der Untersuchungen beim Frosch verborgen. Unter allen diesen Complicationen bleibt nur ein Umstand constant. Wie sich aus dem Gesagten ergibt, gehen nämlich in den Froschmuskeln die dunkelrandigen Aeste der motorischen Nervenfasern an ihrem Ende regelmässig in blasse Fibrillen über. Dieselben sind entweder von Neurilem bekleidet, welches Kerne besitzt. Oder sie verlaufen innerhalb der Bindegewebsmembran einer langgestreckten motorischen Endplatte, deren Kerne mit denen des Neurilems in jeder Beziehung identisch sind. In beiden Fällen liegen die blassen Nervenfasern ausserhalb des Sarcolems.

Fg. 71.

ek

N

Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Flächenansicht. Alles wie in Fg. 70. Die blassen Terminalfasern zweiter Ordnung sind in zahlreicher Menge sichtbar. *ek* Kern der Endplatte.

Die genannten Fasern waren, wie oben gesagt, von R. Wagner beschrieben worden. Kölliker, ich u. A. hatten sie bestätigt und Neurilem an denselben wahrgenommen. Von anderer Seite wurden die blassen Fasern für intramusculare Axencylinder erklärt, ihre Kerne für Nervenendknospen, und, was das Neurilem betrifft, geleugnet, dass überhaupt blasse Fasern mit solchem unter den motorischen Nerven der Froschmuskeln vorkämen. Um die letztere Aufstellung zu unterstützen wurden zunächst die blassen mit Neurilem bekleideten Fasern angegriffen, die, wie man seit längerer Zeit weiss (Nro. 66), mit kleinen Myrtenblatt-förmigen Endplatten aufhören.

Man hat nun anfangs versucht (Nro. 64), die von Kölliker (Nro. 42) und mir (Nro. 48) beschriebenen blassen Nervenfasern mit den Beale-schen Nervennetzen zusammenzuwerfen und für Kunstproducte nichtnervöser Natur zu erklären.

Die angeblichen Nervennetze, welche Beale (Nro. 36. 37. 52. 56. 69. 72. 84. 95) in allen Thierclassen beschrieb, bestehen allerdings nicht aus Nervenfasern, sondern aus elastischem Gewebe. Es existiren jedoch sehr wesentliche Unterschiede zwischen den blassen Fasern von Beale

und den R. Wagner'schen, welche Kölliker und ich bestätigt hatten.

Beale's Netze überziehen die Muskelfasern an allen Stellen ihres Verlaufs, auch die von Kölliker (Archiv f. pathol. Anat. 1856. Bd. X. S. 62) und Kühne (Nro. 35. Nro. 41) als nervenlos betrachteten Parthien der Froschmuskeln in der Nachbarschaft ihrer sehnigen Anheftungsstellen. — Die wirklichen Nervenfasern finden sich nur an bestimmten Stellen. Ferner sind die Beale'schen Plexus angeblich Endnetze, während Kölliker und ich schon damals freie, scheinbar spitz zulaufende Enden fanden. Hiervon abgesehen ist die obige Behauptung namentlich desshalb nicht im Geringsten stichhaltig, weil jeder Blick auf die Abbildungen lehrt, dass Kölliker (Nro. 49) beim Frosch dieselben Fasern gesehen und abgebildet hatte, welche Kühne (Nro. 41) und Engelmann (Nro. 63) als innerhalb des Sarcolem gelegene blasse Fibrillen deuteten. Ausserdem kann sich Jeder mit der grössten Bequemlichkeit nach Essigsäurezusatz oder am ganz frischen Präparat überzeugen, wie leicht die von Neurilem bekleideten, blassen Nervenfasern aufzufinden sind. Wird das Vorhandensein des Neurilems an diesen Fasern anerkannt, so fallen die aus jener Behauptung gezogenen Consequenzen von sogenannten intramuscularen Nervenfasern, Nervenendknospen etc. von selbst.

Späterhin (Nro. 74. S. 209) ist gegen meine von Abbildungen begleitete Darstellung (Nro. 66) derselben blassen Nervenfasern eingewendet, es könne sich um Zerrungen ursprünglich dunkelrandiger Fibrillen handeln, die dadurch scheinbar zu blassen geworden wären. Man hat sogar auf den Griffel des Kupferstechers recurriren zu müssen geglaubt, um für diese Behauptung irgend eine Stütze zu haben.

Die Frage nach dergleichen Zerrungen wird weiter unten (S. 144) erörtert werden. Zunächst aber ist hier hervorzuheben, wie sehr Kühne (Nro. 81. S. 200) sich im Irrthum befand, wenn behauptet wurde, ich hätte meiner früheren Ansicht (Nro. 48) über die Nervenendigung beim Frosch durch die Angabe widersprochen, dass auch beim Frosch motorische Endplatten vorhanden sind. Kühne stellte (Nro. 81. S. 200. Anm. Fg. 2 und 8) zwei schematische Figuren zusammen, von denen die erste, wie oben (S. 123) gezeigt wurde, meinen Befunden vom Jahre 1862 (Nro. 48) keineswegs entspricht. Aber wenn dies auch der Fall wäre, so durfte man dennoch nicht behaupten, dass ich auf die durch die zweite Figur angeblich repräsentirten Beobachtungen (Nro. 66) gestützt der ersten Mittheilung von Kölliker (Nro. 42) beigestimmt hätte. Denn zur Zeit der früheren Mittheilung (Nro. 48) waren die motorischen Endplatten, von denen in der zweiten Figur (Nro. 81. Fg. 8) eine abgebildet ist, noch unbekannt, was Niemandem besser als Kühne erinnerlich sein wird.

In der That hatte ich früher die blassen von Neurilem bekleideten Nervenfasern (Nro. 48) bis zu einem anscheinend spitzen Ende verfolgt. An denselben blassen Fasern fanden sich später (Nro. 60. Nro. 66), als mir inzwischen die Endplatten der Säuger bekannt geworden waren, ebenfalls kleine rundliche Endplatten — ein wenig jenseits jener scheinbaren spitzen Endigung gelegen. Alles was die Beobachtung früher ergeben hatte, ist mithin nochmals bestätigt worden: die blassen Fasern, ihr Neurilem und die Kerne ihres Neurilems. Hinzugekommen waren damals nur zwei Thatsachen: dass am Ende der blassen Nervenfasern kleine motorische Endplatten sich finden können, und dass es, wie oben erörtert, einzelne doppelt-contourirte Nervenfasern gibt, deren blasse Endfasern ausserordentlich kurz sind. Kühne begeht mithin einen Irrthum, wenn er schematisch (Nro. 81. S. 200) diesen letzteren von mir ausdrücklich (Nro. 66. S. 11. Fg. 5) selten genannten Fall so hinstellt, als ob derselbe durch meine desfallsigen Angaben für die wesentlich in Betracht kommende Endigung der motorischen Nervenfasern beim Frosch erklärt worden wäre. Der hierin (Nro. 81) gesuchte Beweis, meine früheren Angaben über die scheinbar spitzen Enden und die späteren über motorische Endplatten an den Nervenfasern der Froschmuskeln schlössen sich gegenseitig aus, ist also in Nichts zerfallen.

Wie aus dem oben Gesagten (S. 130. S. 142) hervorgeht, sind dieselben mit Neurilem bekleideten blassen Nervenfasern von Kühne bald für Bindegewebe (Nro. 64. S. 524) bald für gezerrte doppelt-contourirte Fibrillen (Nro. 74. S. 209. Nro. 81. S. 201) erklärt worden. Die Existenz des Neurilems an diesen Fasern mag unbequem sein, das ist aber noch kein Grund dieselben Nervenfibrillen, welche von denselben Beobachtern beschrieben und abgebildet worden sind, heute für dieses und morgen für jenes Kunstproduct ausgeben zu wollen.

Ferner hat man (Nro. 74. S. 209) es befremdend gefunden, dass in meinen Abbildungen vorzugsweise quer verlaufende blasse Nervenfasern vorkämen. Darüber ist zu sagen, dass auch schräg- (Nro. 66. Taf. I. Fg. 3), ja sogar ganz parallel (Nro. 66. Taf. II. Fg. 6) den Muskelfasern verlaufende blasse Endfasern von mir abgebildet sind, die sich vollkommen ebenso verhalten, wie die von Kühne und Kölliker gezeichneten, an denen Ersterer sogenannte Nervenendknospen findet. Ferner ist nirgends von mir behauptet worden, dass alle oder auch nur die meisten blassen Nervenfasern einen queren Verlauf hätten. Abgebildet aber wurden dieselben aus verschiedenen Gründen. Einmal weil die blassen Nervenfasern im Allgemeinen um so kürzer sind, je mehr sie den queren Verlauf einhalten. Folglich sind sie leichter bis zu den ansitzenden kleinen rundlichen Endplatten zu verfolgen und — nehmen auf den Tafeln

weniger Platz ein. Zweitens lässt es sich wegen ihres queren Verlaufs am deutlichsten nachweisen, dass sie wirklich ausserhalb des Sarcolems gelegen sind.

Aus diesen Erörterungen ergibt sich, dass der versuchte Beweis: Kölliker und ich hätten verschiedene Objecte in den Froschmuskeln als blasse Nervenfasern beschrieben, ebenfalls in Nichts zerfallen ist.

Alle erörterten Verhältnisse kehren in derselben Weise auch bei den Knochenfischen wieder.

Was die Frage nach den mechanischen Einwirkungen, welche höchst wunderbare Wirkungen entfalten sollen (S. oben S. 135. S. 142), anlangt, so muss sie hier zum zweiten Male aufgenommen werden. Für das Verständniss, wie Jemand darauf kommen kann, einmal die motorischen Endplatten des Frosches, und zweitens die pathologisch veränderten blassen Terminalfasern der Säuger — also zwei unter sich sehr verschiedene Gegenstände — für durch Druck hervorgebrachte Kunstproducte erklären zu wollen, muss man sich an Folgendes erinnern. Wenn als allein massgebende Untersuchungsmethode die Beobachtung am ganz frischen Präparat ohne allen Zusatz hingestellt ist, wie ich sie seit 1858 für die Untersuchung peripherischer Nerven-Endigungen empfohlen habe, so erscheinen sofort alle Einwendungen unhaltbar, die aus unpassender Wahl von chemischen Reagentien, beginnender Fäulniss etc. hergeleitet werden könnten. Es bleibt behuf der Einwendung nur mechanische Misshandlung übrig.

Indessen wurde bereits früher auf einer ganzen Seite (Nro. 60. S. 140) auseinandergesetzt, wie man es zu machen habe, um ein Präparat mit möglichster Schonung anzufertigen (S. auch oben S. 59). Dort wurden bereits die optischen Charactere angegeben, welche ein frisches Präparat zeigen müsse, um benutzbar zu sein.

Man weiss anscheinend nicht, dass die Fährlichkeiten, denen ein Präparat durch unabsichtlichen Druck des Deckglases ausgesetzt werden kann, weit geringer sind als diejenigen, welche von ungeübten Händen demselben während der Anfertigung durch Nadeln und andere Instrumente bereitet werden. Was die Vermeidung des Druckes anlangt, so ist es Einigen vielleicht interessant zu erfahren, dass seit vielen Jahren eine einfache Vorrichtung im Handel und den Anatomen nicht unbekannt ist, welche alle die vielen Künsteleien überflüssig macht, deren Beschreibung schon weitläufig erscheint. Anstatt Wachs (Nro. 90) oder sonstige Dinge unter das Deckglas zu kleben (S. unten), benutzt man einfacher Weise Objectgläser, die eine concav ausgeschliffene Stelle haben. Diese Stellen sind kleine Segmente von sehr grossen Kugeln, und wenn deren

Radius lang genug, sowie die aufzulegenden Deckgläschen von passender Form sind, so wird es unmöglich, ein derartiges Präparat zu drücken oder von letzterem ein unsauberes Bild zu erhalten.

Bei Besprechung der Controverse über die Lage der motorischen Endplatten ausserhalb des Sarcolems ist von mir (Nro. 89) auf die Fehlerquellen aufmerksam gemacht, welche daraus entstehen, wenn die Muskelfasern abgeplattet sind. Es soll damit keineswegs behauptet werden, dass andere Beobachter ausschliesslich abgeplattete Fasern vor sich gehabt hätten. Dass solche in frischen oder mit verdünnten Säuren behandelten Präparaten zahlreich vorkommen, ist bei jeder Untersuchungsmethode unvermeidlich; es kommt nur darauf an, die nicht abgeplatteten Muskelfasern, an welchen die reinen Profilansichten (S. 129) der sehr dünnen Endplatten zu beobachten sind, unter den übrigen herauszusuchen.

Kühne (Nro. 64. S. 510) pflegte früher die zu beobachtenden Muskelfasern einfach mit der Pincette „durch einen sanften Zug" herauszuziehen und dann mit Nadeln zu isoliren, auch wohl die ganzen Muskeln mit Fingernägeln zu zerreissen. In anderen Mittheilungen finden sich so primitive Untersuchungsmethoden nicht mehr erwähnt, und es ist zu vermuthen, dass sie zu jener Zeit stillschweigend mit besseren vertauscht worden sind.

Wie bekannt, ist der genannte Autor trotz aller späteren Untersuchungen in Betreff der Muskelnerven-Endigung bei Amphibien nicht über seine ursprünglichen (Nro. 41. 1862) Beschreibungen hinausgekommen. Das Wesentliche sind blasse intramusculäre Axencylinder und daran sitzende Nervenendknospen. Gestützt auf die Untersuchung von Amphibienmuskeln, die mit 0,1%iger Chlorwasserstoffsäure behandelt waren, wurde wiederholt behauptet, man könne die intramuscularen Axencylinder in dem leeren Sarcolemma-Schlauch flottiren sehen. Dieses trügerische Bild ist die Quelle fast sämmtlicher auf diesem Gebiete vorgekommener Täuschungen geworden. Da mehrfach darauf hingewiesen worden war (Nro. 76. Nro. 89), dass man mit der weichen Muskelsubstanz vorsichtig umgehen müsse, um die Muskelfasern nicht platt zu drücken, so glaubte man diesem Einwand am sichersten zu entgehen, wenn durch untergelegte Glasstückchen sogar der Druck des leichtesten Deckgläschens ausgeschlossen wäre, oder es wurde auch wohl das Auflegen eines solchen ganz umgangen. Vergebliches Bemühen! Denn zu vermeiden ist vor Allem die Zerrung der Muskelfasern bei der Schnittführung, welche nur durch vorsichtige Manipulation ausgeschlossen werden kann, nicht aber durch die zuletzt in Aufnahme gekommenen und schon von Engelmann (Die Hornhautnerven. 1866) gewürdigten „haarscharfen" Messer und Scheeren. Die angewendeten verdünnten Säuren sind rechte Störenfriede,

denn sie machen den Sarcolem-Inhalt ausfliessen. Das leere Rohr fällt zusammen, man mag das Deckglas noch so sicher unterstützen, und hierin liegt der Grundfehler der betreffenden Untersuchungen. Kühne mochte es nicht glauben, dass die schönen Muskelfasern mit der sog. intramuscularen Nerven-Ausbreitung darin nichts weiter darstellen, als leere Schläuche mit aufeinanderliegenden Wänden. Dass aber an solchen Objecten — noch dazu wenn die Abplattung nicht erkannt worden ist — jede der von Kühne versuchten Beweisführungen für die Lage der Endplatten innerhalb des Sarcolems hinfällig wird, bedarf keines weiteren Beweises, da Profilansichten unter diesen Umständen überhaupt nicht vorkommen können. Am wenigsten ist ein solcher aus dem angeblichen Flottiren der Nervenfaser im leeren Sarcolemschlauch herzunehmen. Nichts geht daraus hervor, als dass der Inhalt des letzteren gelöst worden ist; ob die Nervenfaser darin liegt oder darüber oder darunter, bleibt ganz unentschieden. Denn die wechselseitige Distanz zwischen den Profilcontouren des leeren Sarcolemmaschlauches und einer annähernd parallel gelegenen, blassen Nervenfaser kann durch absichtlichen Druck auf das Deckglas ebensowohl geändert werden, wenn die (vom Neurilem bekleidete) Nervenfaser über oder unter der Muskelspindel liegt, als wenn sie im Inneren der letzteren sich befände, wie von selbst einleuchtet. Alle aus solchen Behauptungen abzuleitenden Schlussfolgerungen zerfallen demnach wiederum in Nichts.

Die Endplatten in physiologischer Hinsicht.

Was die physiologische Bedeutung der sogenannten Nervenendknospen anlangt, so hatte Kühne sich anfangs (Nro. 41) bemüht, es wahrscheinlich zu machen, dass sie auch bei anderen Wirbelthieren ausser dem Frosch vorhanden seien und ihre Erkennung nur durch die Schwierigkeit der Untersuchung verhindert werde. Für den Proteus, Karpfen und Hecht wurde wie gesagt, die Existenz der sogenannten Nervenendknospen bestimmt behauptet. Später (Nro. 64. S. 529) wurden sie auch bei der Kröte gefunden. Zugleich aber wurden blasse, angeblich im Inneren des Sarcolems gelegene Nervenfasern abgebildet (Nro. 64. Taf. XI. Fg. 11.*c*), welche keine solche Gebilde zeigten. Und gleichzeitig wurde der nicht mehr wohlklingende Name Nervenendknospen mit Besatzkörperchen vertauscht.

Durch dieses Vorgehen veranlasst, hatte ich (Nro. 76) bemerkt:

„Jedoch hat Kühne den Namen Nervenendknospen neuerdings in Besatzkörperchen umgeändert, womit wohl zugestanden werden soll, dass die denselben früher beigelegte physiologische Bedeutung nichts weniger als bewiesen sei.“

Kühne (Nro. 81. S. 203) erwiederte darauf:

„Andererseits fehlt mir aber auch jede Neigung, demselben Autor, der den indifferenten Namen für unverträglich mit meinen physiologischen Theorien erklärt, noch durch Citate zu beweisen, dass es gar keine Theorie von mir über die Function der Endknospen gibt."

Niemand aber hat den genannten Schriftsteller je beschuldigt, eine Theorie über die Function von Gebilden aufgestellt zu haben, welche so viele Beobachter für Neurilemkerne erklärten. Unter einer Theorie versteht man sonst einen oder mehrere Lehrsätze, welche durch unzweideutige Thatsachen bewiesen oder doch sehr wahrscheinlich gemacht worden sind. Der Ausdruck, auf den obige Bemerkung basirt war, lautete folgendermassen (Nro. 41. S. 19):

„Dass jedoch die eigenthümliche Endigungsweise der Nerven eine physiologische Bedeutung habe, das liegt auf der Hand, so sehr dass wir diesen Gedanken nicht von uns weisen können. — Dafür ist aber die Zahl der Endknospen und der intramusculären Nervenenden auf einem verhältnissmässig kleinen Raume sehr gross. Der Reiz des erregten Nerven wird also die contractile Substanz in sehr vielen Punkten treffen u. s. w."

Es muss hiernach Denjenigen, die sich dafür interessiren, überlassen bleiben zu beurtheilen, ob den sogenannten Besatzkörperchen jetzt noch eine physiologische Bedeutung zugeschrieben wird oder nicht. In anatomischer Hinsicht wird der Zusammenhang mit den Terminalfasern durch einen kürzeren oder längeren Faden bei Tritonen, Kröten, Proteus, Salamander wie beim Frosch fortwährend behauptet (Nro. 109. S. 155).

Nachdem Kühne sich genöthigt gesehen hatte, für die Säuger und höheren Wirbelthiere überhaupt, die Nerven-Endigung in motorischen Endplatten zuzugeben, so schien es, wie schon bemerkt wurde, damals auch gerathen nach dem Vorgange von Engelmann (Nro. 58. Nro. 63) zu behaupten (Nro. 64. S. 529. 1863), dass zwei wesentlich verschiedene Typen der Endigung motorischer Nerven zu unterscheiden seien. Der eine würde durch sogenannte nackte, zum Theil mit sogenannten Besatzkörperchen versehene Axencylinder repräsentirt sein, der andere durch die motorischen Endplatten höherer Wirbelthiere.

Noch später ist jedoch K. auf eine andere Idee gekommen. Er fand freilich bei höheren Thieren von der Eidechse bis zum Menschen ein terminales Nervennetz in den Endplatten verborgen. Bei niederen Wirbelthieren zeigten sich dagegen seiner Darstellung zufolge Nervenendknospen und ausserdem nur lineare, mitunter anastomosirende, spitz zulaufende Fortsetzungen der Axencylinder im Inneren der contractilen Substanz — und keine Endplatten. Um gleichwohl die Nervenendigung

bei den verschiedenen Thierclassen auf ein gemeinsames Schema zurückzuführen, wurde (Nro. 81. S. 219. 1864) seltsamer Weise vorgeschlagen, von den sogenannten Besatzkörperchen wie von den motorischen Endplatten der höheren Thiere incl. des darin angeblich enthaltenen nervösen Endnetzes vorläufig ganz zu abstrahiren.

Es scheint indessen mehr versprechend, die motorischen Endplatten, welche an allen quergestreiften Muskelfasern sich finden, und bei allen Thieren (mit Ausnahme von Milnesium tardigradum Doyère) Kerne, feine Fettkörnchen sowie blasse, kolbig aufhörende Terminalfasern enthalten, bei physiologischen Forschungen nicht ausser Acht zu lassen, sondern ihre Leistungen zu untersuchen. Dass sich hierfür ein Weg in dem Studium der analogen (Nro. 54) electrischen Endplatten darbiete, wurde gleich anfangs von mir (Nro. 60. S. 154) hervorgehoben.

Die Analogie dieser beiden Arten von Endplatten schien Kühne anfangs (Nro. 64. S. 513) nicht recht gefallen zu wollen. Später hat sie trotz des anfänglichen Sträubens doch anerkannt werden müssen, (Nro. 75. S. 446).

Die Sachlage in Betreff der früheren Polemik.

Ueberblickt man die Entwicklungsgeschichte unserer Kenntnisse von der Nerven-Endigung im Muskel vom Standpunkt der heute festgestellten Thatsachen, so ergeben sich Gründe für die Langsamkeit des Fortschrittes, welche nicht a priori zu erwarten waren. Man hatte nämlich in früherer Zeit auf die mehrfachen Angaben vom Ansatz der Nervenfasern mit verbreiterten Enden an die Muskelfasern bei Wirbellosen nicht geachtet, weil die richtige Erkenntniss fehlte, dass die scheinbaren breiteren Enden und terminalen Dreiecke nur Profilansichten von abgeplatteten Organen darstellen. Wegen dieses Mangels blieben die Beobachtungen von Doyère, Quatrefages, Kölliker, Meissner, Wedl, Walter, Munk, Kühne, Margó unverwerthet und erst nach der Auffindung von Endplatten bei den höheren Wirbelthieren konnte (Nro. 60) darauf hingewiesen werden, wie jene Bilder richtig zu deuten sind.

In der ganzen Angelegenheit ist Kühne, wie man zugestehen muss, vom Glück am wenigsten begünstigt gewesen. Schon 1859 wird dieser Forscher Endplatten bei Hydrophilus unter dem Microscop gehabt haben, — sie wurden nicht beachtet und das Nervenende in Kernreihen gesucht, die nichts mit Nervenfasern zu thun haben. Später (1861 und 1862) beschrieb Kühne unter dem Namen „Nervenendknospen“ Kerne, die zum

Theil auch den motorischen Endplatten des Frosches angehört haben dürften. Wieder wurde nicht erkannt, dass es sich um abgeplattete Endorgane handelte, sondern das Räthsel der Nerven-Endigung durch wenig sinnvolle Behauptungen über eine besondere Structur der sog. Nervenendknospen zu lösen versucht, welche letzteren sogar durch ihre geringere Resistenz gegen Reagentien von gewöhnlichen Kernen sich unterscheiden sollten! Auch beim Menschen hat Kühne wie gesagt (S. 132) möglicherweise die Stelle, wo eine motorische Platte gelegen hatte, unter dem Microscop gehabt — sie war zerstört durch ein unpassendes Reagens.

Die sog. Nervenendknospen der Amphibien waren von Kölliker für Kerne des Neurilems blasser Nervenfasern erklärt worden. Kühne leugnete, dass blasse mit Neurilem bekleidete Endäste der motorischen Nervenfasern in den Froschmuskeln überhaupt vorkämen, und war dadurch in die Lage versetzt, sich sofort Berichtigungen von allen Seiten her in Betreff dieser leicht zu constatirenden Thatsache gefallen lassen zu sollen.

Da die Endplatten der höheren Wirbelthiere anerkannt werden mussten, blieb nichts übrig als zwei verschiedene Typen der Nervenendigung: mit Nervenendknospen und mit Endplatten aufzustellen. Jeder sah, dass hier ein Irrthum vorliegen musste, denn einerseits waren die Nervenendknospen bereits in's Fabelbuch geschrieben und andererseits wurden von verschiedenen Seiten auch bei niederen Wirbelthieren die Endplatten constatirt.

Innerhalb der motorischen Endplatten der höheren Wirbelthiere erwähnte Kühne ein darin angeblich verborgenes nervöses Endnetz unter dem Namen „Nervenendplatte". Da nicht minder statt des Ausdrucks „Nervenendknospen" die Bezeichnung als „Besatzkörperchen" vorgeschlagen wurde, so konnte der Eindruck nicht ausbleiben, als wenn eine durch die Veränderung der Nomenclatur etwa entstehende Verwirrung nicht gar zu ängstlich hätte vermieden werden sollen.

Das nervöse Endnetz ist wiederum von allen Seiten (Rouget, ich, Kölliker, Engelmann) für ein Kunstproduct erklärt worden, und ausserdem haben die von Kühne anfänglich bestrittenen blassen Terminalfasern innerhalb der Endplatten seitdem mehrfache Bestätigung gefunden.

Die motorischen Endplatten der höheren Wirbelthiere würden vielleicht schon in früherer Zeit nicht übersehen worden sein, wenn nicht unzweckmässige Untersuchungsobjecte auf eine falsche Bahn (intramusculäre Kernreihen von Hydrophilus, Nervenendknospen beim Frosch) geführt hätten. Nachdem die motorischen Endplatten bekannt geworden waren, blieb daher von allen Angaben Kühne's nichts stehen, als der vermeintliche Durchtritt der Nervenfaser durch das Sarcolem.

Für diese letzte Position kämpfte Kühne mit leidenschaftlichem

Interesse und mit einer Ausdauer, die besseren Erfolges würdig gewesen wäre. Man kann nur bedauern, dass so viel Eifer vorzugsweise einem undankbaren Thiere wie dem Frosch zugewendet worden war. Es würde eine nicht leichte Aufgabe sein, statistisch festzustellen, wie oft in Kühne's Schriften sich Passus wiederholt finden wie: „— dann sieht man — „wie der Nerv das Sarcolem durchbricht u. s. w." Diese stets wiederholten Versicherungen blieben für die Beweisführung werthlos. Da neue Thatsachen nicht beigebracht wurden, so drehte sich der Streit in unerquicklicher Monotonie um denselben Satz, der zu einem Dogma erhoben werden sollte.

In dem fruchtlosen Bestreben darzuthun, dass alle Endplatten innerhalb des Sarcolems liegen, schloss sich Kühne an Rouget, Engelmann, Waldeyer u. A. an, ohne auf die einfache Thatsache aufmerksam zu werden, dass sich diese Dinge bei Wirbelthieren und Insecten verschieden verhalten.

Bei Gelegenheit seiner betreffenden Auseinandersetzungen richtete Kühne wie gesagt zahlreiche an's Gebiet des Persönlichen streifende Angriffe gegen Kölliker und mich. Kölliker hat sich nicht die Mühe gegeben, darauf zu antworten.

Diese Einwendungen gehörten manchmal ihrer Natur nach zu denjenigen, die sich selbst widerlegen.

Zum Theil zeugten sie von einer gewissen Flüchtigkeit, wenn z. B. (Nro. 81. S. 201) behauptet wurde, von mir sei die Bemerkung gemacht, dass der Nerv „im" Sarcolem endige. Sollte Jemand im Stande sein, bei einer so vielfach erörterten Angelegenheit wie die Lage der motorischen Endplatten ausserhalb des Sarcolems statt „am" lieber „im" zu lesen?

Jedenfalls hatten alle diese Einwürfe dieselbe Tendenz. Sie waren nicht auf die Sache gerichtet, die sie zu betreffen schienen, sondern der einzige Sinn, den sie hier und da haben konnten, ging darauf hinaus, die Glaubenswürdigkeit der Gegner zn erschüttern. Einige Beispiele werden ausreichen, das Gesagte darzuthun. Man kann nicht im Ernste geglaubt haben, Kölliker habe Bindegewebe mit Nervenfasern verwechselt. Um so weniger, da Kölliker (S. die reproducirte Abbildung Gewebelehre. 1867. S. 168. Fg. 119) genau dasselbe microscopische Bild zeichnete wie Kühne (S. die reproducirte Abbildung in Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben. S. 154. Fg. 35), nur ausserhalb des Sarcolems anstatt innerhalb desselben. Niemand wird geglaubt haben, ich hätte dunkelrandige Nervenfibrillen vor mir gehabt, als ich blasse beschrieb und abbildete. Ob dergleichen wahrscheinlich mehr scherzhaft gemeinte Wendungen der Beweisführung, welcher sie dienen sollten, wohl von Nutzen gewesen sind?

Nebenbei scheint der unfruchtbare Plan verfolgt worden zu sein, alle diejenigen Angaben als angeblich normale Vorkommnisse zu bekämpfen, welche Kölliker (S. oben S. 123) und ich (S. oben S. 143) ausdrücklich als seltene oder nicht constante Fälle hingestellt hatten.

Was die mehr sachlichen Einwürfe betrifft, so ereignete es sich, dass die meisten derselben nichts weniger als neu waren. Kühne bemühte sich die Rouget'sche Ansicht dadurch zu unterstützen, dass successive sämmtliche Beobachtungen und Einwendungen wiederholt wurden, welche Rouget, Engelmann, Waldeyer u. A. gegen die von mir aufgestellten Anschauungen vorgebracht hatten. Meinerseits erschien es ausreichend, gegenüber den letztgenannten Forschern einige Thatsachen vorzuführen (Nro. 89).

Fragt man sich schliesslich, welchen Vortheil die Wissenschaft von dieser ganzen Kühne'schen Polemik gehabt hat, so ist die Antwort — Schweigen. Bei allen Thieren waren die motorischen Endplatten nun einmal da, und an der Thatsache, dass sie während einer speciell auf die Nerven-Endigung im Muskel gerichteten Untersuchung übersehen wurden, Nichts mehr zu ändern.

Fortschritte in den Jahren 1865—68.

Durch meine vierte Abhandlung über die Endigung der Muskelnerven (Nro. 89. 1864) hatte ich mich, wie eben bemerkt wurde, zu zeigen bemüht, dass die von Rouget, Engelmann, Waldeyer u. A. vorgebrachten Gründe für die Lage der Endplatten bei den Wirbelthieren innerhalb des Sarcolems sich als unhaltbar herausstellen. Zur Nachweisung des wahren Lage-Verhältnisses *bei den Säugern* wurden einerseits (Nro. 89. Taf. X. Fg. 3) Querschnitte des ganz frischen M. retractor bulbi der Katze verwendet. Andererseits erschien es unentbehrlich, die Muskelspindeln mit Erhaltung der Nerven-Endigung zu isoliren, damit sie um ihre Längsaxe rotirt werden können.

Da Mehrere gegen die Anwendung doppelt-chromsauren Kali's Einspruch erhoben hatten, so wurden concentrirte Salpetersäure und 50%ige Chlorwasserstoffsäure benutzt. Mit der letzteren Methode gelang es in einem Falle, eine motorische Endplatte von ihrer zugehörigen Muskelspindel abfallen zu machen (Nro. 89. Taf. X. Fg. 5) — ein sicheres Zeichen, dass die Endplatte ausserhalb des Sarcolems gelegen war. Cohnheim (Nro. 92) hat später gegen diese Beobachtung eingewendet, dass das Sarcolem durch die Chlorwasserstoffsäure in der angewendeten Concentration zerstört werde.

Wie ein physiologischer Chemiker dazu gekommen sein mag, der letzteren Angabe beizustimmen (Nro. 109), erscheint vollkommen räthselhaft. Man muss die Augen beinahe gewaltsam verschliessen, um das beabsichtigte Resultat zu erhalten, d. h. das Sarcolem nicht zu sehen. Zur Demonstration desselben bedarf es bei der Katze und dem Igel eigentlich nicht einmal der Uebersättigung mit Natron (Nro. 104. S. 131). Die ganze Angelegenheit ist übrigens, wie schon früher bemerkt wurde, in ein anderes Stadium getreten, seitdem eine bessere Isolirungsmethode (S. oben, S. 71) aufgezeigt werden konnte.

Der Unterschied der letzteren von den früheren liegt in dem Umstande, dass der Sarcolem-Inhalt durch Anwendung derselben nicht in einem geronnenen, angeblich stärker lichtbrechenden Zustand versetzt wird, welchen Einwurf Waldeyer, Engelmann u. A. gegen die früheren Methoden erhoben hatten. Durch concentrirte Oxalsäure wird, wie sich oben ergab, die contractile Substanz im Gegentheil glashell und durchsichtig, während die cylindrische Form der Muskelfasern gewahrt bleibt.

In Betreff der Nerven-Endigung bei *Reptilien und Amphibien* ist Cohnheim (Nro. 92) der Einzige, welcher sich Kühne's Auffassung in allen Punkten angeschlossen hat. Durch Silberfärbung der contractilen Substanz sollte die Lage der Endplatten innerhalb des Sarcolems bewiesen werden, obwohl Niemand einzusehen vermag, welcher Zusammenhang zwischen diesen Dingen etwa stattfinden könnte.

Es ging aus dem betreffenden Experimente Nichts hervor, als dass das Syntonin sich braun färbt (was man allenfalls hätte vorher wissen können), die Nervenfasern aber ungefärbt bleiben. Kühne verfehlte nicht, die überzeugenden Höllenstein-Präparate mit Emphase (Nro. 81. S. 203) öffentlich auszubieten. Es ist unbekannt, ob sich viele Abnehmer gefunden haben; jedenfalls hat die Freude nicht lange gedauert, denn neuestens (Kühne, Nro. 109. S. 156) ist das Bekenntniss erfolgt, dass auch diese schönen Präparate sich leider nicht halten, — was man wiederum im Voraus hätte wissen können.

Beim Frosch hat Trinchese (Nro. 99. Taf. I. Fg. 10. 1866. Nro. 100. Taf. XVIII. Fg. 9) eine vollständige Bestätigung der Endplatten geliefert. Die Beschreibung lautet: „Sowohl die Untersuchungen von Waldeyer, als die von Krause und die meinigen haben die motorische Endplatte bei diesem Thiere demonstrirt. Sie ist sehr dünn und stark in die Länge gezogen (molto allungata) und enthält nicht mehr als zwei oder drei Kerne. Die Länge beträgt 0,05 Mm. auf 0,006 Mm. Dicke im Durchschnitt.“ Die Abbildung zeigt Kerne und eine dünne Lage feinkörniger Substanz bei 300facher Vergrösserung.

Die im anatomischen Abschnitt ausführlich mitgetheilten Resultate meiner letzten Untersuchungen über die Endplatten des Frosches, der Eidechse, des Hechtes und der Katze wurden bereits vorläufig (Nro. 108) veröffentlicht. Etwas früher hat Engelmann (Nro. 106) bei Reptilien die reichhaltige Nerven-Verbreitung (Terminalfasern zweiter Ordnung) beschrieben, welche im Inneren der motorischen Endplatte stattfindet und von mir fast gleichzeitig bekannt gemacht wurde. Engelmann's Aufsatz erschien Ende August 1868; der meinige war, was schon gelegentlich (Nro. 107) hervorgehoben worden ist, bereits im Juli desselben Jahres abgeschlossen. Auch hat Engelmann die von mir früher (1863) erwähnten blassen Terminalfasern (erster Ordnung) bei diesen Thieren wahrgenommen.

Es ist nicht ganz richtig, wenn Engelmann die Sache so darstellt, als habe er damit eine Bestätigung der Kühne'schen Ansicht gegenüber der meinigen geliefert. Der Punkt, auf den es in dieser Beziehung ankommt, ist, wie oben (S. 135) erwähnt wurde, die dichotomische oder trichotomische Theilung der doppelt-contourirten Nervenfaser in blasse Aeste gleich nach ihrem Eintritt in die Endplatte. Diese Theilung ist von mir gesehen, von Kühne bestätigt. Was weiter aus den ersten blassen Aesten wird, darüber können noch verschiedene Ansichten bestehen; gerade die von Kühne hinzugethane netzförmige Anordnung aber hat Engelmann selbst in Abrede gestellt.

Nach dem Vorgange von Waldeyer, Trinchese und mir sah sich auch Kühne (Nro. 109. S. 163—164) genöthigt, die Existenz von Endplatten bei niederen Wirbelthieren zuzugestehen. Es geschah dies freilich in etwas schüchterner Form, da die betreffenden Ansichten früher anders gedeutet worden waren. Bemerkenswerther Weise sind nämlich die sog. intramuscularen Axencylinder im Laufe der Zeit mehr und mehr aus der Tiefe der contractilen Substanz zurückgewichen. In der vermeintlich reinen Profilansicht sollte früher (Nro. 41. Taf. I. II. V. Nro. 64. Taf. XI. Fg. II. *C*) die Nervenfaser ungefähr das peripherische Drittel der contractilen Substanz durchbrechend in die Muskelfaser eindringen (S. oben S. 103) und sich mit blassen Aesten verzweigen. Neuerdings aber befinden sich letztere nach demselben Autor auch beim Frosch ganz dicht an der Innenfläche vom Sarcolem (Nro. 109. S. 156).

Beale ist in allen seinen Arbeiten auf dem früher characterisirten Standpunkt der modificirten Endschlingen stehen geblieben. Unter seinen zahlreichen Beobachtungen sind diejenigen von motorischen Endplatten beim Chamäleon hervorzuheben.

Was die *Knorpelfische* anlangt, so hat Trinchese (Nro. 99) bei Torpedo ocellata die Endplatten aufgefunden, welche in jeder Beziehung mit den oben (S. 104) beschriebenen von Torpedo Galvanii übereinstimmen.

Er empfahl den dort erwähnten M. depressor maxillae inferioris zur Untersuchung. Der von R. Wagner (Nro. 24) benutzte Muskel sowie die Augenmuskeln erhalten viel kleinere Endplatten. Hätte R. Wagner im Jahre 1851 irgend einen anderen Muskel geprüft, so würde bei der colossalen Grösse der motorischen Endplatten die Entdeckung der letzteren ohne Zweifel schon damals haben erfolgen müssen.

Obgleich Trinchese als ein Anhänger der Rouget'schen Ansicht von der Lage der Endplatten innerhalb des Sarcolems sich kundgibt, so legen doch seine eigenen Abbildungen Zeugniss wider ihn ab. Seine Fg. 3 (Nro. 99. Taf. II.) lässt das Sarcolem in genau derselben Weise nach innen von der Endplatte erkennen, wie es oben (S. 106. Fg. 61) abgebildet wurde. Auch die helle Linie, welche in Fg. 3 (Taf. III) eine Art von „accolade" bildet, ist nichts weiter, als das in Falten gelegte Sarcolem.

Offenbar hat Trinchese das Bestreben, alle irgend einmal in Betreff der Endplatten behaupteten anatomischen Verhältnisse zu bestätigen, gleichsam um für die Zukunft in jedem Falle gedeckt zu sein. Bei seiner geringen Vertrautheit mit dem Gegenstande fehlt es dabei nicht an Widersprüchen mancherlei Art. Die Endplatten verlegt Trinchese wie gesagt ausserhalb des Sarcolems; da aber zugleich beobachtet wurde, dass die Nervenfasern des scheinbaren Nervenhügels, welchen gezerrte oder in halber Profilansicht gesehene Endplatten bilden, noch von Neurilem bekleidet sind, so lässt Trinchese das Neurilem sich innerhalb des Sarcolems fortsetzen (!)

Ferner schrieb Trinchese einigen Kernen der Endplatte eine besondere Bedeutung zu, nämlich diejenige: Kerne von terminalen Ganglienzellen zu sein, u. s. w.

Die Abbildungen dagegen sind in hohem Grade naturgetreu, freilich mit nicht ganz genügenden Hülfsmitteln gewonnen und namentlich wird dabei die Untersuchung in frischem Zustande ohne Zusatz vermisst. Eine Uebersetzung der Schrift von Trinchese in's Französische nebst Reproduction der meisten Abbildungen ist etwas später (Nro. 100) erschienen. Dabei fällt eine originelle Verbesserung auf, welche ganz an einen berühmten Vorgänger erinnert. Trinchese zeichnet nämlich bei allen Muskelspindeln von Torpedo vollständig richtig Querlinien, da die angewendeten Säuren nur diese noch erkennen lassen. Die Tafeln des Journal de l'anatomie aber geben lauter helle und dunkle Querbänder wieder, die unter diesen Umständen nicht vorhanden sein können. Der Fall ist lehrreich, insofern dadurch gezeigt wird, wie wenig man bisher den Unterschied von Querlinien und dunkeln Querbändern beachtete.

Was die Endplatten der *Insecten* betrifft, so hatte Waldeyer

(Nro. 71. Taf. IX. Fg. 16) eine dichotomische Theilung der eintretenden Nervenfaser in Terminalfasern erster Ordnung beschrieben. Die Theilungen scheinen auch früher (Nro. 41) gesehen zu sein. Rouget (Nro. 88) bestätigte dieses Verhältniss bei Coleopteren, Engelmann (Nro. 106) fand dichotomische und trichotomische Theilungen bei Raupen. Schon früher (Nro. 86) hatte Engelmann bei Trichodes colossal entwickelte, mehr Kegel- als Platten-förmige Endorgane beschrieben. Wegen ihrer Grösse liess sich an denselben zum ersten Male mit vollkommener Sicherheit darthun, dass die feinkörnige Substanz derselben innerhalb des Sarcolems gelegen ist, welches letztere mit dem Neurilem verschmilzt.

Moxon (Nro. 98) bestätigte die Endplatten bei einer Mückenlarve und Maddox (Nro. 103) bei Tipula aquatica.

Unter den *Mollusken* untersuchte Trinchese (Nro. 99. Nro. 100) Helix pomatia und beschrieb noch eine andere Art von Nerven-Endigung, nämlich mittelst eines centralen in der Axe der Muskelspindel verlaufenden Axencylinders. Eine Zurückweisung dieses Irrthums ist bereits von Rouget (Nro. 68) in Bezug auf die erste Mittheilung Trinchese's (Nro. 70. Compt. rend. 1863) erfolgt. Ausserdem ist hierüber Engelmann (Nro. 86) zu vergleichen.

Jetziger Stand der Controversen.

In einer so vielfach erörterten Angelegenheit wie die Nervenendigung im Muskel wird es nützlich sein, die augenblickliche Sachlage, sowie sie sich Ende 1868 darstellte, nochmals kurz zusammenzufassen. Die Resultate der im anatomischen Theil enthaltenen Untersuchungen werden dabei vorausgesetzt.

Ueber die Endplatten der *Wirbellosen* sind mit Engelmann fast alle Stimmen darin einig, dass die motorischen Endplatten innerhalb des Sarcolems liegen. Nur bei Arctiscon Milnei befinden sich dieselben nach Greeff ausserhalb der Muskelfaser. Auch darüber herrscht wohl kein Zweifel, dass die Nervenfaser innerhalb der Platte sich in Zweige theilt (Rouget u. A.), die bei den Insecten unter sehr starken Vergrösserungen aus Bündeln feinster Fibrillen bestehen, welche pinselförmig als eine Scheiben-ähnliche Masse ausstrahlen. Die Form der Endplatten, sowie ihre Grösse sind wegen des sehr blassen Ansehens der beschriebenen Terminalfasern mitunter schwer zu bestimmen, was nicht anders als auf reinen Flächenansichten gelingt. Fast alle Beobachter sind darüber einig, dass die Endplatten das wirkliche Nerven-Ende darstellen. Nur Kühne (Nro. 109) hält noch an seiner älteren (Nro. 35. 1859)

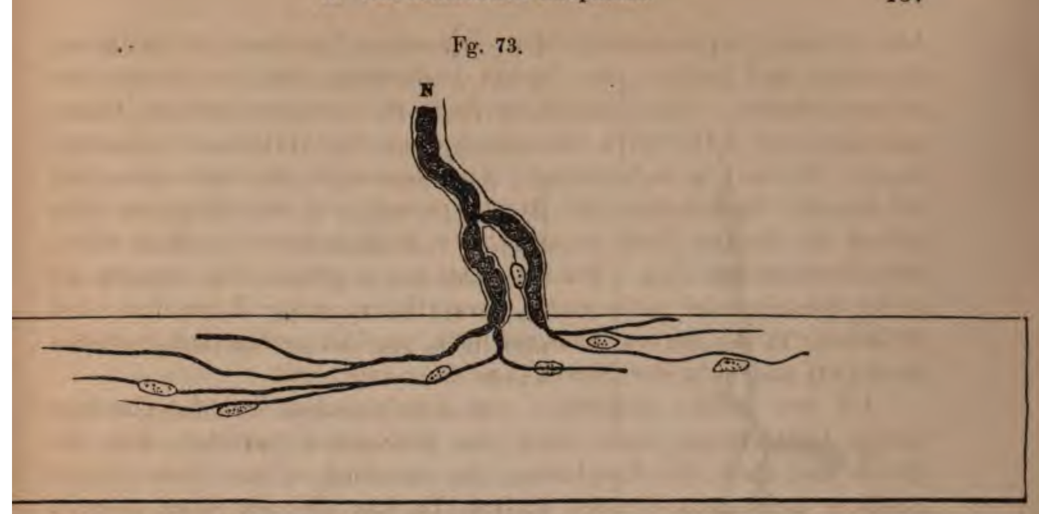
Ansicht fest: die Kernreihen der contractilen Substanz als nervös zu betrachten und folglich eine Nerven-Verbreitung über die Platte hinaus zu statuiren. Diese Ansicht ist durch die übereinstimmenden Untersuchungen von Aeby (Nro. 46), mir (Nro. 48. Nro. 111), Beale, Engelmann, Rouget u. A. widerlegt. Auch bezweifelt Niemand mehr, dass die blassen Nervenfasern von Beale, welche von der Endplatte ausgehend ein feinstes Netz zwischen den Muskelcylindern bilden sollen, keine Nervenfasern sind. Ebenso steht das Ergebniss fest, wonach die in der Muskelspindel verlaufenden Axencylinder, welche Trinchese bei Mollusken für die Nerven-Endigung hält, nur der contractilen Substanz (Rouget) und nicht der Nerven-Endigung angehören.

Bei den *nackten Amphibien und Knochenfischen* sind die obschwebenden Controversen wohl durch die Erkenntniss beseitigt, dass die Grösse und Form der Endplatten eine verschiedene sein kann. Kleine rundliche Myrtenblatt-förmige Platten (Fg. 72), die nur einen einzigen Kern enthalten, sitzen an den dünneren Muskelspindeln, grössere langgestreckte, Weidenblatt-förmige (Fg. 73. Fg. 74) mit 2—5 Kernen an den dickeren Muskelspindeln. Die kleinen rundlichen Endplatten sind von Margó (Nro. 51. Taf. I. Fg. 1. *p*) zuerst abgebildet, ohne dass die Bedeutung der betreffenden Profilbilder erkannt wurde. Sie sind dann von mir (Nro. 60. Nro. 66. 1863) beschrieben, von Schönn (Nro. 85 bei Bombinator igneus) und von Rouget (Nro. 68. Taf. IX. Fg. 17) bestätigt. In den grösseren Weidenblatt-förmigen Endplatten ist die Verzweigung der blassen Terminalfasern entweder eine sparsame (Fg. 73), die Terminalfasern zweiter Ordnung fehlen, und dann erhält man die von Kühne (Nro. 41) als eigentliche Norm beschriebenen Bilder. Oder die Terminalfasern erster und zweiter Ordnung stellen zusammen eine ausserordentlich reichhaltige Nerven-Verzweigung dar (S. 158. Fg. 74) und so ergibt sich ein directer Uebergang zu dem Verhalten, wie es bei den höheren Wirbelthieren constant ist. Von Waldeyer (Nro. 71. Taf. X. Fg. 19) wurde zuerst das Vorhandensein länglicher Endplatten richtig erkannt, später von Trinchese (Nro. 99. Nro. 100) für die Norm erklärt, von mir (Nro. 108) bestätigt, und auch von Kühne (S. oben, S. 153) zugegeben, was unter diesen Umständen kaum noch

Fg. 72.

Muskelspindel aus dem M. sartorius des Frosches, durch 0,01 %ige Schwefelsäure und späteres Erwärmen auf 35° während 24 Stunden isolirt. Vergr. 300. Von der wahrscheinlich etwas zu breit gezeichneten Muskelspindel sind nur die Contouren angegeben. *N* feine doppelt-contourirte Nervenfaser, die frei flottirt. *ek* Kern der Bindegewebsmembran der Endplatte. Reine Profilansicht.

Fg. 73.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches in Flächenansicht. Nur die Contouren der Muskelspindel und die blassen Terminalfasern sind angegeben. Durch zweistündiges Einlegen in Goldchlorid von 1 : 1000 und 24stündiges in Chlorwasserstoffsäure (1 : 1000) sind die genannten Elemente dunkel gefärbt. Vergr. 1000. *N* Nervenfaser. *ek* Kern der Endplatte. Die blassen Terminalfasern erster Ordnung sind unverästelt.

überraschen konnte. Es wird freilich daran festgehalten, dass innerhalb der sog. Nervenendknospen feinste Nervenfasern endigen. Immerhin ist das Zugeständniss erfreulich, dass auch beim Frosch etc. die Nervenfasern mit Endplatten aufhören, und die lange Controverse* durch dasselbe in befriedigender Weise gelöst, da sonst Niemand daran zweifelt, dass die sog. Nervenendknospen gewöhnliche Kerne sind.

An Nerven-Endknospen als nervöse Organe glauben nämlich nur noch Kühne und Cohnheim, während die unter diesem Namen beschriebenen Gebilde in Wahrheit theils Kerne des Neurilems von blassen Terminalfasern (Kölliker, Schiff, ich, Rouget, Frey Nro. 61), theils vielleicht Kerne der motorischen Endplatten darstellen. An der Lage der letzteren innerhalb des Neurilems halten für den Frosch Waldeyer,

* Es ist interessant, jetzt die Wandlungen zusammenstellen zu können, welche die Ansichten successive durchgemacht haben. Zum Beispiel endigten nach Kühne die motorischen Nervenfasern in ihren zugehörigen Muskelfasern:

1859 — mit Kernreihen bei Hydrophilus.

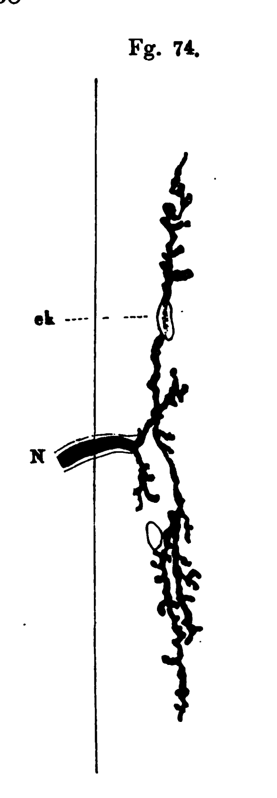
1862 — mit Kernähnlichen Körperchen (Nervenendknospen) bei niederen, vermuthlich auch bei höheren Wirbelthieren.

1863 — mit Endplatten bei den höheren, mit Nervenendknospen bei den niederen Wirbelthieren.

1868 — mit Endplatten bei allen Thieren.

Kühne hat also fünf Jahre gebraucht, um schliesslich bei demselben Resultate anzukommen, welches wir Anderen seit 1863 als das wichtigste aufgestellt und vertheidigt hatten.

Fg. 74.



Motorische Endplatte aus dem Brusthautmuskel des Frosches. Flächenansicht. Alles wie in Fg. 73. Die blassen Terminalfasern zweiter Ordnung sind in zahlreicher Menge sichtbar.

Engelmann, Cohnheim, Trinchese, Kühne mit Bestimmtheit fest, während Kölliker, Beale und ich die betreffenden Terminalfasern nebst Kernen ausserhalb des Sarcolems verlegen. Alle genannten Beobachter haben die R. Wagner'schen blassen Nervenfasern in derselben Weise zur Anschauung gebracht; verschieden ist nichts als die Deutung, welche den mannigfaltigen microscopischen Bilder gegeben wurde.

Was die *Knorpelfische* anlangt, so fand ich beim Zitterrochen die Endplatte ausserhalb des Sarcolems, Trinchese dagegen lässt das letztere von der Nervenfaser durchbohrt werden, deren Neurilem noch innerhalb des Sarcolems sich fortsetzen soll (S. oben S. 154). Niemand wird darüber in Zweifel sein, dass Trinchese's Ansicht falsch ist. Es kommt dazu, dass in eine Abbildung des Letzteren die Fortsetzung des Sarcolems unterhalb der Endplatte unverkennbar ist (Nro. 99. Taf. II. Fg. 3. Nro. 100. Taf. XIX. Fg. 3).

Für die *höheren Wirbelthiere* stehen sich seit 1863 die Rouget'sche und die von mir vertretene Ansicht gegenüber. Nach der ersteren liegen die Endplatten innerhalb des Sarcolems, die Nervenfaser endigt in einer feinkörnigen Masse. Diese Ansicht wird bei oberflächlicher Untersuchung namentlich an Säure-Präparaten von Jedem getheilt werden, und so ist es nicht wunderbar, dass Rouget's Meinung Zustimmung erhalten hat von Engelmann, Waldeyer, Letzerich, Kühne, Cohnheim, Schönn, v. Hessling, Trinchese, Frey (Nro. 101).

Nach meiner Ansicht liegen die Endplatten ausserhalb des Sarcolems und die Nervenfaser theilt sich nach ihrem Eintritt in die Platte in blasse Terminalfasern.

Für die Lage der Endplatten ausserhalb des Sarcolems haben sich im Gegensatz zu den eben genannten Autoren Beale (Nro. 83. S. 184. Nro. 95. S. 247) und Kölliker (Nro. 102) ausgesprochen. Letzterer hat „vorläufig“ zugestimmt, welcher Ausdruck wohl bedeuten soll, dass Kölliker die Frage für sehr schwierig und noch nicht ganz spruchreif

hält, womit auch Eckhard (Nro. 105) übereinstimmt. Jedenfalls nimmt Kölliker die Lage ausserhalb des Sarcolems als die wahrscheinlichere an, denn dieser Forscher verwahrt sich auch gegen Folgerungen aus der Analogie, die aus den durch Engelmann (Nro. 86) geführten Nachweisungen in Betreff der Insecten hervorgenommen werden könnten. Ferner gab Kölliker (Nro. 102. S. 172. Fg. 123 a) eine Abbildung vom Kaninchen, in welchem seltenen Falle die Bindegewebsmembran der Endplatte zerstört war und nur noch die scheinbar feinkörnige Substanz ohne Kerne aber mit der Nervenfaser aussen am Sarcolem haftete. Es lässt sich mit Rücksicht auf die motorischen Endplatten des Frosches und sonstige Gründe vermuthen, dass Kölliker sich niemals genöthigt sehen wird, zur entgegengesetzten Ansicht überzutreten.

Hier mag nochmals auf folgende Umstände hingewiesen werden.

Die Rouget'sche Ansicht behauptet, dass das Sarcolem an der Stelle, wo es die Endplatte bilden hilft, mit Kernen versehen sei, welche mit den übrigen Sarcolem-Kernen keine Aehnlichkeit zeigen, dafür den Kernen des Neurilems vollständig gleichen.

Diese Aufstellung enthält in sich den Beweis, dass die an der betreffenden Stelle gesehene Membran nicht das Sarcolem ist, sondern eine davon verschiedene, von mir sogenannte Bindegewebsmembran der Endplatte.

Ferner lässt sich mit Hülfe der Oxalsäure-Methode (S. 71), gegen die wenigstens keiner der bisher vorgebrachten Einwände stichhaltig ist, zeigen, dass die Querlinien in dem Nerventhal (Fg. 75), wo die Endplatte liegt, sich in derselben Weise mit dem Sarcolem verbinden, wie in der ganzen übrigen Ausdehnung der zugehörigen Muskelspindel. Zu bemerken ist dabei, dass die Gegner immer vorzugsweise gegen die Methode des Einlegens der Muskeln in doppeltchromsaures Kali Einwendungen erhoben haben, ohne die an ganz frisch ohne Zusatz untersuchten und allenfalls nachträglich mit Reagentien behandelten Muskelspindeln erhaltenen Resultate weiter zu berücksichtigen.

Fg. 75.



Muskelspindel aus dem M. retractor bulbi der Katze isolirt. Zweistündiges Einlegen in concentrirte Oxalsäure-Lösung, dann 24 Stunden in Wasser, welches auf 65° erhalten wurde. Vergr. 800. *s* Sarcolem, welches an der Stelle, wo die Endplatte aufliegt, eingebogen ist und ein Nerventhal bildet. *N* Nervenfaser, *E* Endplatte, die vier Kerne zeigt. An der Muskelspindel sind die Querlinien deutlich.

Auch unter Denjenigen, welche die Lage innerhalb des Sarcolems vertheidigen, ist Engelmann (Nro. 63. S. 25) bei Reptilien die Beobachtung nicht entgangen, dass das Neurilem nicht direct in's Sarcolem übergeht,

sondern in reinen Profilansichten ausserhalb und längs des letzteren (als die von mir sogenannte Bindegewebsmembran der Endplatte) eine Strecke weit zu verfolgen ist. Diese Thatsache, am ganz frischen Präparat beobachtet, hat bei meinen Untersuchungen gleich anfangs den Zweifel veranlasst, ob die anscheinenden Lage-Verhältnisse innerhalb des Sarcolems nicht auf optischer Täuschung beruhten. Der entscheidende Punkt hierbei ist die an lebenden Muskelfasern leicht zu constatirende sehr geringe absolute Dicke der Endplatten, welchen alle Diejenigen übersehen haben, die vorzugsweise auf Säure-Präparate gestützt, von den Nervenhöckern oder Nervenhügeln des Sarcolems Beschreibungen lieferten.

Endlich sind noch die über Entwicklung der motorischen Endplatten mitgetheilten Thatsachen (S. 84) zu berücksichtigen.

Manchen erscheint vielleicht die Lösung der Controverse in einer Beziehung unerwartet. Dass die Endplatten bei Wirbelthieren ausserhalb des Sarcolems liegen, konnte man a priori nicht voraussetzen. Aber der Entwicklungsgeschichte zufolge versteht sich die Sache ganz von selbst.

Der schwierigste Punkt ist die Frage nach der anscheinend feinkörnigen Substanz der Endplatten. Es gibt über dieselbe nicht weniger als vier Ansichten.

Nach Rouget's Meinung ist wirklich eine feinkörnige Substanz vorhanden und bildet die Endausbreitung der Nervenfaser. Hierfür haben sich Engelmann (1863), Waldeyer, Kühne (1863), Schönn u. A. ausgesprochen.

Früher (1863) habe ich in der feinkörnigen Substanz blasse Terminalfasern erster Ordnung beobachtet. Dieselben existiren wirklich und endigen zuweilen einfach knopfförmig. Mit manchen Untersuchungsmethoden erhält man niemals ein anderes Resultat; daher habe ich diesen Modus der Endigung lange Zeit als die Norm angesehen. Die dichotomischen oder trichotomischen Theilungen in blasse Terminalfasern wurden von Waldeyer (Nro. 59) und letztere selbst von Schönn (Nro. 85) bestätigt. Es ist daher Engelmann (Nro. 106) im Unrecht, wenn meine frühere Ansicht für ganz isolirt dastehend ausgegeben wird.

Später hat Kühne (Nro. 75) eine andere Ansicht aufgestellt. Es wurde bestätigt, dass die Nervenfasern sich innerhalb der Endplatte theilen. Aus wiederholten Theilungen soll dann eine netzförmig durchbrochene nervöse Platte entstehen. Diese Meinung wird von Cohnheim (Nro. 92) und zum Theil von Trinchese (Nro. 99. Nro. 100) adoptirt, während Rouget im Wesentlichen an seiner früheren Meinung festhält.

Zuletzt haben Engelmann und ich unabhängig von einander (S. oben S. 153) gefunden, dass die anscheinend feinkörnige Substanz von äusserst feinen, kolbenförmig endigenden, blassen Terminalfasern zweiter Ordnung

gebildet wird. Die Ausbreitung ist eine ausserordentlich reichhaltige und übertrifft noch die beim Frosch, woselbst die Verhältnisse gleichsam etwas gröber sind. Es lassen sich hiernach die widersprechenden Ansichten leicht vereinigen.

Die sogenannte feinkörnige Substanz der Endplatten besteht wesentlich aus knopfförmigen Enden und optischen Querschnitten der Terminalfasern zweiter Ordnung, wobei von den mehrfach erwähnten einzelnen grösseren (Fett-) Körnchen selbstverständlich abstrahirt werden darf. Die ursprünglichen Theilungen der Nervenfaser ergeben die dickeren, früher allein erkannten Terminalfasern erster Ordnung. Die feinkörnige Substanz ist mithin wirklich nervös, worin die alte Darstellung von Rouget (1863) etc. gegenüber meiner ursprünglichen Deduction, sowie der neuen Ansicht von Kühne (Nro. 75. Nro. 109) Recht behält, aber sie ist nur anscheinend feinkörnig. Kühne's Beschreibung von einer netzförmigen Nerven-Endigung innerhalb der Endplatte beruht wahrscheinlich auf missverstandener Analogie mit den electrischen Endplatten und wurde von Niemandem bestätigt. Rouget (Nro. 87) erklärt das angebliche Endnetz für ein Kunstproduct, und erzeugte selbst ein solches (Nro. 97) in Form von feinen Kanälen, die von den Endplattenkernen ausstrahlen sollen, wenn man die Muskelfasern in Kochsalzlösung macerirt. Auch Kölliker (Nro. 102) sowie Engelmann (Nro. 106) halten die sog. Nervenendplatte von Kühne für ein Kunsterzeugniss.

Die innere Uebereinstimmung und nothwendige Zusammenhang der bei den verschiedensten Thierclassen erlangten Resultate dürfte die sicherste Bürgschaft dafür geben, dass der Bau der motorischen Endplatten so weit erkannt ist, als es die augenblicklich gegebenen Hülfsmittel möglich machen. Der Fundamentalsatz, von dem jede weitere Prüfung auszugehen haben wird, lautet: Alle motorischen Nervenfasern hören mit Endplatten auf.

III. Physiologisches.

A. Resultate in Betreff der motorischen Endplatten.

Die Ergebnisse der bisherigen Untersuchungen über die Endigung der Muskelnerven können in übersichtlicher Form folgendermassen zusammengestellt werden:

Alle motorischen Nervenfasern endigen in den quergestreiften Muskeln mit motorischen Endplatten.

Die Endplatten liegen entweder ausserhalb oder innerhalb des Sarcolems. Dies ist davon abhängig, ob die quergestreiften Muskelfasern den Werth von Einer Zelle haben (in welchem Falle sie Muskelspindeln genannt werden), oder von mehreren embryonalen Zellen (Muskelcylinder). Letzterer Fall kommt bei den meisten Wirbellosen vor, ersterer bei allen Wirbelthieren und einigen Wirbellosen; doch ist bis jetzt nur Arctiscon Milnei (Milnesium tardigradum) unter den letztgenannten als Ausnahme von der Regel bekannt. Die Muskelfasern dieses Thieres haben offenbar den Werth einfacher Zellen.

Von den a u s s e r h a l b des Sarcolems liegenden Endplatten, also bei allen Wirbelthieren, erhält jede Muskelspindel nur Eine Endplatte ungefähr in der Mitte ihrer Länge. Diese Endplatten unterscheiden sich nach ihrer Form in runde und längliche.

Beim Menschen, Säugethieren, Vögeln, beschuppten Reptilien, Knorpelfischen (Torpedo) sind die motorischen Endplatten r u n d l i c h. Sie umgreifen etwa $^1/_4$—$^1/_3$ des Umfangs der Muskelfasern, besitzen öfters sehr zahlreiche (3—22, meistens 6—12) Kerne; ihr Dickendurchmesser ist sehr gering.

Bei nackten Amphibien und Knochenfischen sind die Endplatten meistens sehr l a n g g e s t r e c k t (wie ein Weidenblatt) und enthalten

wenige (2—5) Kerne. Ihre Längsaxe liegt der Längsrichtung der Muskelspindeln parallel. An den dünneren, noch jungen Muskelspindeln kommen kleinere, mehr rundliche (Myrtenblatt-förmige) Endplatten vor, die nur Einen Kern enthalten. Von den innerhalb des Sarcolems gelegenen motorischen Endplatten sitzen dagegen im Allgemeinen mehrere rundliche Endplatten an jedem Muskelcylinder. Dies hängt, wie oben erörtert, mit dem Umstande zusammen, dass die Muskelcylinder aus mehreren Zellen entstanden sind.

Allen motorischen Endplatten ist es gemeinsam, dass sie eine anscheinend feinkörnige Substanz enthalten, welche der Hauptsache nach aus feinen, blassen Terminalfasern besteht. Dieselben verästeln sich mannigfach, anastomosiren aber niemals und hören meistens mit knopfförmigen Endanschwellungen auf.

Wie unten noch gezeigt wird, sind die Muskelfasern selbständig irritabel. Die Contraction wird Seitens der Nerven wahrscheinlich durch einen electrischen Schlag hervorgerufen, den die motorische wie die electrische Endplatte vermittelt.

Historische Uebersicht. Der Weg, welchen die Forschung genommen hat, um zu den jetzt feststehenden Resultaten zu gelangen, lässt sich folgendermassen charakterisiren.

Valentin (1836) und Emmert entdeckten schlingenförmige Verbindungen der Muskelnerven unter einander.

Doyère (1840) und Quatrefages (1843) beschrieben verbreiterte Enden, mit welchen sich die Nervenfibrillen an die zugehörigen Muskelfasern bei Tardigraden ansetzen. In diesen wie in allen älteren Beschreibungen fehlt die Erkenntniss, dass man es mit abgeplatteten Endorganen zu thun hatte, weil die reinen Profil- und Flächenansichten nicht als solche erkannt waren.

Joh. Müller und Brücke (1844) entdeckten die Theilungen der Muskel-Nervenfasern beim Hecht.

R. Wagner (1847) fand blasse Terminalfasern und freie Endigungen beim Frosch.

Kölliker (1850) sah verbreiterte Ansätze der Nervenfasern bei einem Insect.

Kühne (1859) bestätigte dieselben bei einem Wasserkäfer, und die R. Wagner'schen Nervenfasern beim Frosch (1861 und 1862), an denen Kühne Kerne ansitzend fand.

Kölliker (1862) und ich constatirten das Neurilem an solchen Fasern.

Rouget (1862) und ich fanden die motorischen Endplatten; Ersterer bei Säugethieren, Vögeln sowie der Eidechse; ich bei Menschen, Säugethieren, Vögeln, und wies nach, dass sie ausserhalb des Sarcolems liegen.

Engelmann (1863) sah Endplatten bei Säugethieren, Vögeln, Eidechsen, Schlangen, Schildkröten.

Waldeyer (1863) fand Endplatten beim Frosch, Knochenfischen, Insecten. Beim Frosch wurden solche von mir gleichzeitig gesehen.

Beale (1864) beschrieb Endplatten beim Chamaeleon.

Engelmann (1864) zeigte, dass die Endplatten der Insecten unzweifelhaft innerhalb des Sarcolems liegen.

Trinchese (1866) entdeckte die rundlichen Endplatten der Knorpelfische.

In der scheinbar feinkörnigen Substanz der Endplatte hatte ich (1863) blasse Terminalfasern bei Säugern gesehen. Kühne (1864) fand dichotomische Theilungen der eintretenden Nervenfaser in blasse Aeste bei der Eidechse, später auch bei Säugethieren. Engelmann und ich beschrieben gleichzeitig (1868) zahlreiche Verästelungen der blassen Terminalfasern bei Reptilien, die von mir auch bei Säugethieren, Knochenfischen und beim Frosch gesehen wurden.

Die absolute Grösse der motorischen Endplatten schwankt zwischen 0,01—0,2 Mm. Die grössten kommen beim Zitterrochen vor, die kleinsten beim Frosch und bei Bowerbankia densa. Meistens messen sie durchschnittlich 0,04—0,06 Mm.; so namentlich beim Menschen. Die Anzahl der Kerne schwankt zwischen 1 (Rana, Arctiscon Milnei, Bowerbankia densa) bis 22 (Torpedo). Die Dimensionen richten sich nicht nach der Körpergrösse und nur wenig nach dem Alter der untersuchten Thiere; sie ändern sich mit Rücksicht auf Thierclasse und Gattung; stets aber gehen die Aenderungen direct proportional dem Dicken-Durchmesser der zugehörigen Muskelspindeln. Am leichtesten ist dies Gesetz bei Torpedo nachzuweisen (S. oben S. 105); ähnlich stellen sich die Verhältnisse beim Frosch. Die rundlichen Endplatten der meisten Thiere umgreifen $^1/_4$—$^1/_3$ des Umfangs ihrer zugehörigen Muskelfasern; die länglichen Endplatten der Amphibien und Fische berühren trotz ihrer bedeutenden Längenausdehnung eine relativ kleinere Fläche der entsprechenden Muskelspindel.

Die mehr oder weniger leicht zugänglichen Muskeln, welche für die Untersuchung am meisten zu empfehlen sind, und deren Studium zu den im Vorhergehenden zusammengestellten Resultaten geführt hat, sind folgende:

M. retractor bulbi der Katze, die Intercostalmuskeln von Lacerta agilis, der Brusthautmuskel des Frosches, die Brustflossenmuskeln von Torpedo Galvanii, die Scheerenmuskeln von Astacus fluviatilis, und die Extremitätenmuskeln von Schmetterlingsraupen.

B. Irritabilität.

Ob die „wunderbare Kraftmaschine", wie Du Bois die quergestreifte Muskelfaser nennt, sich ohne vermittelnden Nerven-Einfluss verkürzen könne, ist eine hundertjährige Controverse.

Einige halten dieselbe seit langer Zeit für im bejahenden Sinne erledigt; Andere z. B. Funke, Eckhard (Nro. 105) sind nicht dieser Meinung. Offenbar beruhte die einzige Aussicht, um die Frage von anatomischer Seite der Entscheidung zuzuführen, in dem Aufsuchen von gänzlich nervenlosen Muskelstückchen.

Beim Zitterrochen ist dieser Weg von R. Wagner (Nro. 24. 1851)* betreten. In dem schon erwähnten (S. 105) Muskel, welcher vom hinteren oberen Theile des Oberkiefers zum Schädelflossenknorpel verläuft, gelang es Parthien von 10 Mm. Länge als vollkommen nervenfrei nachzuweisen und durch mechanische Reize oder mittelst der electrischen Pincette zur Contraction zu bringen.

Beim Frosch fand Kölliker,** dass das oberste 1 Mm. lange Stück des Brusthautmuskels isolirt durch electrische Reize zur Contraction gebracht werden kann. Es steht jetzt aber fest, dass in demselben gar keine motorische Nerven enthalten sind, da die Endplatten wie oben bemerkt (S. 95) das mittlere Drittheil des Muskels nicht überschreiten.

Ferner hat Kühne (Nro. 35. S. 568. 1859) mitgetheilt, dass der M. sartorius am oberen Ende in einer Strecke von 2—5 Mm. Länge, und von 1—3 Mm. an seinem unteren Ende je nach der Grösse des benutzten Frosches nervenfrei gefunden werde. Auch diese Angaben sind richtig, wie aus dem früher Gesagten hervorgeht und gelten in ähnlicher Weise für den M. rectus internus major (S. 99).

Wenn jetzt auch die Sache anders liegt, so galten doch die bisher aufgeführten Angaben so lange für höchst unsicher, als nicht die Nerven-Endigung in den Froschmuskeln mit Bestimmtheit festgestellt war. Am meisten trug zu dieser Unsicherheit die Uebereinstimmung der Beobachter (Reichert, Kühne, ich selbst etc.) in der Annahme bei, dass viele

* Die in diesem Abschnitt citirten Nro. beziehen sich auf das im IVten Abschnitt enthaltene Literatur-Verzeichniss E. über die Nervenendigung im Muskel.

** Arch. f. pathol. Anat. 1856. Bd. X. S. 62.

Froschmuskelspindeln an mehreren Stellen mit Nerven in Verbindung treten. Bevor nicht der hier zu Grunde liegende Irrthum aufgedeckt war (S. oben S. 139), konnte man fragen, ob denn beim Frosch irgend eine Sicherheit vorhanden sei, dass nicht blasse Nervenfasern sich in die angeblich nervenlosen Theile der Muskeln fortsetzten.

Entscheidend war aus diesem Grunde bisher nur die Untersuchung von Säugethiermuskeln, da in den letzteren die Nerven-Endigung so leicht zu ermitteln ist, dass ein Uebersehen der betreffenden kernhaltigen Endplatten geradezu für unmöglich erklärt werden darf. Meine ersten Untersuchungen erstreckten sich daher sogleich auf diesen wichtigen Punkt.

Nun hatte sich damals ergeben, dass man im vordersten Abschnitt des M. retractor bulbi der Katze ein Stückchen Muskelsubstanz besitzt, welches keine Endplatten, mithin weder dunkelrandige, noch blasse Nerven mehr enthält. Es lag daher nahe am frisch getödteten Thiere dieses Stückchen abzutragen (Nro. 60) und mit den bekannten (Nro. 35) Muskel-Erregern (Ammoniakdämpfen etc.) zur Contraction zu bringen. Weil man rasch verfahren muss, so pflegte ich den durch einen Schlag in die Nackengegend betäubten Katzen mit einem horizontalen Sägenschnitt, welcher gerade die oberste Wölbung beider Bulbi tangirte, die Schädel- und Augenhöhlen zugleich zu eröffnen. Auf einer kaum erwärmten Glasplatte gelingt es leicht bei ca. 50facher Vergrösserung die Contractionen zu beobachten. Wirft man das contrahirte Stückchen in verdünnte Essigsäure von 1—3 %, so ist es bei der Kleinheit desselben eine sehr einfache Aufgabe, die gänzliche Abwesenheit der Endplatten microscopisch zu constatiren. Durch Natronzusatz kann man auch mit absoluter Sicherheit darthun, dass keine dunkelrandige Faser mehr in dem Stückchen enthalten ist. Vorsichtshalber ist es rathsam, nur das vorderste Millimeter des Muskels zu benutzen, obgleich bei grossen Katzen ein längeres, nervenloses Stück zur Verfügung steht. Bei dem Interesse, welches sich an diesen Versuch knüpft, habe ich nicht versäumt, denselben so oft als möglich anzustellen. Andere namentlich längere Muskeln der Katze bieten aus bekannten Gründen (S. 79) keine Vortheile dar.

Da die Muskel-Irritabilität erwiesen ist, so fragt es sich jetzt, in welcher Weise man sich die Einwirkung der Nerven auf die Muskelsubstanz zu denken habe. Die ältere Annahme von einer directen Uebertragung der Bewegung von dem letzten Molecül der Nervenfaser auf das nächst benachbarte Molecül der Muskelfaser ist seit dem Bekanntwerden der motorischen Endplatten unhaltbar geworden. Selbst diejenigen Beobachter, welche weder die Lage der Endplatten ausserhalb des Sarcolems bei Wirbelthieren annehmen, noch mit der Zusammensetzung der contractilen Substanz aus Muskelkästchen bekannt waren, zweifeln nicht daran, dass

die letzten Endigungen der Nervenfasern mit der contractilen Substanz in keiner leitenden Verbindung stehen. Auch sieht man nicht ein, wozu es eines besonderen Endorganes bedürfen würde, um die Erregung zu übertragen, wie es doch in Wahrheit vorhanden ist. Jener älteren Annahme steht in anatomischer Hinsicht das R. Wagner'sche Stadium von freien Enden blasser Fasern parallel, über welches die bekannten Angaben von freien Enden blasser Axencylinder im Inneren des Sarcolems factisch nicht hinausgekommen sind.

So lange eine den Contractions-Vorgang näher aufklärende physiologische Untersuchung fehlt, bleibt Nichts übrig, als die morphologischen Analogien aufzusuchen.

Bis zum Jahre 1863 war nun das electrische Organ einiger Fische der einzige Ort, wo die Endigung von Nerven mit Sicherheit bekannt war, welche denjenigen Fasern angehören, die in den vorderen Rückenmarks-Wurzeln verlaufen. In diesen Organen endigt jede Nervenfaser in sog. electrischen Endplatten, die z. B. bei Malapterurus 0,7—1,6 Mm. Durchmesser auf 0,03 Mm. Dicke haben, und mithin die Dimensionen der grösseren motorischen Endplatten des Zitterrochens nicht viel überschreiten. Den Uebergang zwischen electrischen und motorischen Endplatten bilden offenbar die sog. pseudo-electrischen Organe, deren electrische Platten bekanntlich Ecker bei Mormyrus labiatus in directer Verbindung mit quergestreifter Substanz gesehen hat. Es fällt daher eine Schwierigkeit weg, die Darwin (Entstehung der Arten. Deutsch von Carus. 1867. S. 232) für seine Theorie in den electrischen Organen fand, weil es früher unbegreiflich war, durch welche Abstufungen diese eigenthümlichen, in den verschiedensten Körpertheilen vorkommenden und bei verschiedenen Fischen von ganz verschiedenen Nerven versorgten Apparate entstanden sein könnten. Uebrigens erscheint eine neue Untersuchung der merkwürdigen pseudo-electrischen Organe als dringendes Bedürfniss.

An der Analogie zwischen electrischen und motorischen Endplatten im Allgemeinen zweifelt wohl Niemand, wie auch aus der vielfach und bei verschiedenen Nationen (S. 53) beliebten Adoption der letzteren Bezeichnungsweise sich ergibt. Will man dieselbe im Einzelnen durchführen, wie es von mir (Nro. 60) versucht worden ist, so liegt es nahe, die kernhaltige Bindegewebsmembran der motorischen Endplatten als Analogon der Blutgefäss-haltigen Scheidewände zwischen den electrischen Endplatten anzusehen, da man, abgesehen von der mechanischen Function des Schutzes innerhalb des sich contrahirenden Muskels, den Kernen eine besondere Beziehung zur Ernährung der Form-Elemente beizulegen gewohnt ist. Was die blassen Terminalfasern erster und zweiter Ordnung

oder in den electrischen Platten die feinkörnige Substanz betrifft, welche z. B. bei Gymnotus auf Querschnitten mit deutlichen Einkerbungen resp. Zotten versehen ist, so wird über ihre Function die einfachste Annahme dahin lauten, dass in der wirklich oder scheinbar feinkörnigen Masse eine electrische Scheidung stattfinde, sobald die motorischen Nerven durch irgend einen Anlass (Physicalische oder chemische Einwirkungen, Reflexe, Willen) aus dem erregbaren in den erregten Zustand übergehen. Die Zusammensetzung der anscheinend feinkörnigen Substanz aus zahlreichen dichtgedrängten, blassen Nervenfasern macht eine gegenseitige Einwirkung der letzteren auf einander sehr wahrscheinlich. Dieselbe mag eintreten, wenn die Terminalfasern zweiter Ordnung erregt werden. Da die Muskelfaser ohne Nerven-Vermittlung zur Contraction gebracht werden kann vermöge der Ausgleichung electrischer Spannungen, welche durch ihren Inhalt hindurch stattfinden, so würde die Erregung der Muskelfasern seitens ihrer Nervenfibrillen nicht im Princip verschieden sein von der Erregung, welche alle Fasern eines Muskels durch den Funken einer Leydener Flasche erfahren würden, falls sie von ihren Endplatten getrennt wären. Wenn bei der Muskelfaser die Erregung motorischer Nerven eine Umsetzung von Spannkraft, welche in ihr angehäuft war, in lebendige Kraft (Hebung von Gewichten etc.) bedingt, und die mechanischen Effecte gross erscheinen, weil sehr viele einzelne Form-Elemente zu ihrer Erzielung zusammenwirken, so ist wieder dasselbe Princip im electrischen Organ realisirt. Die in Form von Electricität aus Tausenden von grösseren Endplatten freiwerdende lebendige Kraft wird in Folge der besonderen Anordnung des Organs so vereinigt, dass die tödtlichen Schläge der Zitterfische resultiren. Eine eindringende physicalisch-experimentelle Untersuchung der electrischen Organe wird um so wünschenswerther, weil die Hypothese gerechtfertigt erscheint: wenn jene Fische einen Schlag ertheilen, so gerathen vorher nicht nur die electrischen Nerven, sondern auch die zugehörigen Endplatten genau in denselben Zustand, als wenn die anderen Thiere durch Erregung ihrer motorischen Nerven und motorischen Endplatten ihre Glieder zu bewegen beginnen. Mit anderen Worten: bei der Muskelcontraction erhält jede Muskelfaser von ihrer motorischen Endplatte einen electrischen Schlag.

C. Contraction.

Beobachtet man quergestreifte Muskelfasern bei starken Vergrösserungen, während sie sich contrahiren, so sieht man die dunkeln Querbänder und die Querlinien näher aneinander rücken, indem die Dicke der Muskelfaser zunimmt. Die speciellen Vorgänge sind zuerst von Remak* bei Säugethieren genauer studirt.

Dafür ist es erforderlich, sehr langsam eintretende Contractionen einzelner Fasern zu beobachten. Solche sind weit besser geeignet, als die raschen Zuckungen, die man durch Inductionsschläge hervorruft. Man betrachtet daher feinste Stückchen von bluthaltigen Säugethiermuskeln ohne Zusatz mit starken Vergrösserungen, während die Erregbarkeit des Muskels dem Erlöschen nahe ist. Unter diesen Umständen sieht man bei Einstellung des Focus auf die Axe der Muskelfaser eine bauchige Erweiterung langsam die Faser entlang laufen und sobald sie an deren einem Ende angekommen, beginnt am entgegengesetzten Ende eine neue, ohne nachweisbare Veranlassung, welche denselben Verlauf nimmt und wie die erste verschwindet.

Fg. 76.

s b c d

Muskelspindel in dem M. retractor bulbi des Schafes, im Stadium der ganz erlöschenden Erregbarkeit; frisch ohne Zusatz. Eine Contractionswelle verläuft in der Richtung des Pfeiles. Vergr. 450. *s* Sarcolemkern. *b* contrahirte Stelle; die Muskelspindel ist dicker als zuvor, die dunkeln Querbänder sind eng zusammengerückt. *c* beginnende Contraction, die Querstreifung wird durch Querrunzeln des Sarcolems bedingt, letzteres zeigt im Profil Einkerbungen. Die Scheiben der contractilen Substanz resp. die Grundmembranen der Muskelfächer sind sämmtlich nach der contrahirten Stelle hin convex gebogen. *d* nicht contrahirte Stelle, an welcher die dunkeln Querbänder im Holzschnitt zu breit und dunkel ausgefallen sind.

Diejenigen Scheiben der anisotropen Substanz, welche gerade in den erregten Zustand übergehen, beugen sich convex nach der Stelle hin, die bereits contrahirt ist. An letzterer ist die Querstreifung dichter geworden; es sind nämlich die Durchmesser der dunkeln wie der hellen Querbänder in der Querrichtung der Muskelfaser gleichmässig vermehrt, und die Durchmesser der hellen Querbänder in der Längsrichtung entsprechend vermindert. (S. oben S. 15.) Die Querlinien sind ein wenig zarter geworden und an der contrahirten Stelle schwieriger zu erkennen.

Stellt man den Focus auf die Oberfläche einer Muskelfaser an einer Stelle ein, die

* Arch. f. Anat. u. Physiol. 1843. S. 187.

sich eben zu contrahiren beginnt, so findet man Querrunzeln des Sarcolems. Dieselben sind als solche leicht zu erkennen, weil entsprechend jeder Querrunzel das Sarcolem im Profil eine Einkerbung zeigt (Fg. 76*c*). Zwischen je zwei solchen Einkerbungen baucht sich der Inhalt des betreffenden Muskelfaches nach aussen hervor. Sobald die Contraction vollständig eingetreten ist, verschwindet dieses Aussehen (Fg. 76*b*).

Um zu erklären, wesshalb das Sarcolem an der betreffenden Stelle jedesmal eine Einkerbung zeigt, bleibt nichts übrig als die Annahme, dass die daselbst gelegenen Grundmembranen der Muskelfächer, deren optischer Ausdruck die Querlinien sind, mit dem Sarcolem continuirlich zusammenhängen, resp. mit demselben fest verwachsen sind. Die windschiefen Biegungen der sich einander nähernden Scheiben von anisotroper Substanz dürften einfach auf dem Umstande beruhen, dass in absterbenden Muskelfasern die der Axe der Faser näher gelegenen Parthien ihre Leistungsfähigkeit länger bewahren, als die peripherischen. Im unveränderten Muskel des lebenden Thieres braucht mithin ein solches Convexwerden der Muskelfächer nach der bereits contrahirten Stelle hin nicht stattzufinden. Die Erscheinungen am absterbenden Muskel sind aber desshalb von Wichtigkeit, weil sie einerseits den festen Aggregatzustand und andererseits das innige Adhäriren der Grundmembranen der Muskelfächer am Sarcolem auf einem von den sonstigen Hülfsmitteln unabhängigen Wege beweisen.

Ganz ähnliche Einkerbungen, die durch das feste Angeheftetsein der Grundmembranen an das Sarcolem bedingt werden, sind an todtenstarren Muskelfasern von Hydrophilus durch Brücke* constatirt. Bei einer früheren Gelegenheit** war es nicht gelungen, für diese Beobachtung die richtige Deutung zu finden. Weil damals weder die Querlinien noch die Querrunzeln des Sarcolems bekannt waren, musste man jede dunkle Querstreifung als durch die anisotrope Substanz bedingt ansehen, woraus unvermeidliche Irrthümer resultirten.

Dagegen hat die von Bowman*** abgebildete, durch eingedrungenes Wasser bedingte Abhebung des Sarcolems von einer Muskelfaser des Krebses nichts mit der anatomischen Structur zu thun, sondern ist reines Kunstproduct.

Die Thatsachen, aus welchen der feste Aggregatzustand der durch die Querlinien repräsentirten Grundmembranen einerseits und ihr Angeheftetsein am Sarcolem andererseits

* Denkschr. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. 1858. Bd. XV. S. 80.

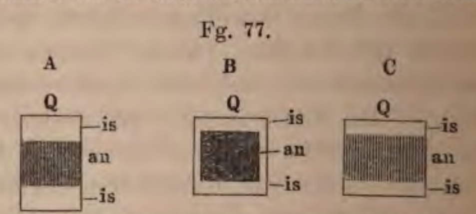
** W. Krause, Zeitschr. für ration. Med. 1863. Bd. XVIII. S. 157.

*** Todd, Cyclopaed. of anat. and physiol. Vol. III. 1847. S. 525. Fg. 302.

erschlossen werden können, werden hier noch einmal zusammengestellt. Erstens die Einkerbungen und Querrunzeln sich contrahirender Muskelfasern; zweitens die Einkerbungen der Insectenmuskelfasern nach Einwirkung verdünnter Essigsäure etc., wobei die Querlinien sich erhalten, die dunkeln Querbänder aber verschwinden; drittens der bei starken Vergrösserungen constatirte directe Zusammenhang mit dem Sarcolem; viertens die polarisirenden Eigenschaften der Substanz der Grundmembranen nach Brücke.

Die schwierigste Frage ist die nach dem Verhalten der Muskelprismen während der Contraction. Eine Zeitlang glaubte ich,* dieselben blieben in ihrer Form während derselben vollkommen ungeändert und zwischen die Längsseiten des Muskelprisma's und die Seitenmembran des zugehörigen Muskelkästchens trete die Muskelkästchenflüssigkeit. Das betreffende Verhalten ist in dem nebenstehenden Schema (Fg. 77 *B*) ausgedrückt. Indessen müsste, wenn diese Annahme richtig wäre, während der Contraction die Längsstreifung der Muskelfasern deutlicher werden, wovon Nichts wahrzunehmen ist. Dies ist auch von Hensen hervorgehoben, nachdem die betreffende Annahme für mich schon lange unhaltbar geworden war. Vielmehr sind als zusammensetzende Elemente der Muskelprismen, wie früher (S. 29) erörtert, die Muskelstäbchen zu bezeichnen. Die obige Frage lässt sich nun auch so formuliren, ob die Muskelstäbchen ihre Form während der Contraction ändern. Wird sie bejaht, so bleibt das alte Räthsel der Muskelcontraction genau auf demselben Standpunkte, wie wenn man weiss, dass die ganze Muskelfaser ihre Gestalt ändert, während sie sich zusammenzieht. Man ist dann ferner genöthigt anzunehmen, dass die Muskelstäbchen selbst noch eine complicirte Structur haben; sie können nicht Disdiaklasten genannt werden, sondern müssten aus sehr kleinen doppelt brechenden Körpern bestehen, mithin Disdiaklastengruppen darstellen. Es scheint jedoch nicht, dass die Beobachtungen letztere Annahme unerlässlich machen. Die anisotrope Substanz nimmt während der Con-

Fg. 77.



Schematische Darstellung eines Muskelkästchens bei sehr starker Vergrösserung. *A* Im nicht contrahirten Zustande. *an* Muskelprisma aus einem Bündel von Muskelstäbchen oder Disdiaklasten bestehend. *is* Muskelkästchenflüssigkeit oder isotrope Substanz. *Q* Querlinie oder Grundmembran des Muskelkästchens.

B Im contrahirten Zustande nach meiner früheren Annahme. Das Muskelprisma ist unverändert, das Muskelkästchen aber breiter und niedriger geworden, die Muskelkästchenflüssigkeit ist zum Theil zwischen die Seitenmembranen des Muskelkästchens und das Muskelprisma getreten, wovon die Naturbeobachung jedoch nichts ergibt.

C Im contrahirten Zustande nach meiner jetzigen Annahme. Muskelkästchen wie in *B*. Die Muskelstäbchen oder Disdiaklasten sind durch die Muskelkästchenflüssigkeit ein wenig auseinander gedrängt. Die hellen Räume der isotropen Substanz sind daher niedriger geworden, das Muskelprisma breiter, die Muskelstäbchen selbst sind unverändert.

* Göttinger Nachrichten 20. Aug. 1868. Nro. 17. S. 357.

traction in der Längsrichtung der Muskelfaser an Ausdehnung in dieser Dimension nicht ab; wenigstens war eine Verminderung für meine Messinstrumente nicht nachweisbar. Man darf nur nicht die dunkeln Querbänder mit den viel auffallenderen Querrunzeln des Sarcolems verwechseln, was bei Beachtung der Focusstellung, sowie der Einkerbungen am Profilrande sehr leicht vermieden werden kann. In der Querrichtung der Muskelfaser nimmt die genannte Substanz dagegen an Ausdehnung zu. Der einfachste Weg der Erklärung dieses Factum war der oben angedeutete. Man musste annehmen, die Muskelprismen wichen in der Querrichtung der Muskelfaser auseinander. Da diese Annahme, wie gesagt, nicht aufrecht erhalten werden kann, so muss dafür die andere substituirt werden: nicht die Muskelprismen, sondern die Muskelstäbchen weichen in der Querrichtung der Muskelfaser auseinander, während die Muskelkästchenflüssigkeit zwischen sie eindringt. Natürlicher Weise nimmt dabei die Dicke der Muskelprismen, nicht aber ihre Länge zu, wie aus obigem Schema (Fg. 77 *C*) hervorgeht. Man braucht zur Erklärung des Mechanismus der Contraction dann nichts weiter als die fernere Annahme, dass die zu Scheiben mit electromotorisch wirksamen Oberflächen angeordneten Muskelstäbchen starre in ihrer Form unveränderliche Körperchen sind, die unter den Einwirkungen galvanischer Ströme etc. sich in der Längsrichtung der Muskelfaser gegenseitig anzuziehen vermögen. Sie sind zeitweise magnetisirten Eisenstäben vergleichbar. Gegen die letztgenannte Annahme aber wird schwerlich Jemand etwas einwenden wollen.

Der Umstand, dass Nematoden, welche durch die Substanz einer lebenden Muskelfaser hindurchkriechen, die Querstreifung nur auf eine kurze Zeit in Unordnung bringen, ist von mir* früher so gedeutet worden, dass im Inneren der lebenden Muskelfaser ein sehr stabiles Gleichgewicht herrschen müsse. Dieser Erklärungsversuch ist jetzt natürlich ebenfalls unhaltbar geworden, wie nicht minder die Erörterungen von Kühne** über dieselbe Angelegenheit. Da die Muskelfasern des Frosches, welche hierbei in Frage kommen, einen bedeutenden Dickendurchmesser besitzen, so liegt bei der jetzigen Kenntniss vom Bau der Muskelfaser die Annahme nahe, dass das Thier an der unteren d. h. dem Spiegel näher gelegenen Seite der Muskelfaser in derselben sich fortbewegt haben möge. Unter diesen Umständen mussten zwar die Membranen der Muskelfächer im unteren Theile der Faser zerstört werden; die davon unabhängigen Muskelkästchen der oberen Seite aber konnten ihre normale Lage wieder einnehmen, sobald der störende Einfluss hinweggefallen war. Damit war das Wieder-

* Zeitschr. f. ration. Medicin. 1864. Bd. XX. S. 17.

** Archiv f. pathol. Anat. 1862. Bd. XXVI. S. 222. Physiologische Chemie. 1866. S. 281.

kehren einer regelmässigen Querstreifung der betreffenden Muskelfaser unzertrennlich verbunden. Aehnliche Erscheinungen beobachtet man während der Trichinen-Einwanderung in die Muskelfasern trichinisirter Kaninchen. Da Kühne im Uebrigen, was das innerhalb und ausserhalb des Sarcolems betrifft, nach seinen eigenen Aeusserungen als ein besonders präoccupirter Beobachter bekannt ist, so könnte man sich vielleicht auch mit der nächstliegenden Deutung beruhigen: der fragliche Wurm habe sich gar nicht in der Muskelfaser befunden, sondern unterhalb derselben.

Die physiologisch bedeutsamen Grössen-Verhältnisse, welche in den Muskeln der Thierreihe sich herausgestellt haben (S. oben S. 33. S. 42 u. S. 46) dürften sich etwa folgendermassen formuliren lassen.

Die Grösse der Muskelkästchen, sowie die relativen Dimensionen der anisotropen und isotropen Substanz sind bei den Säugern und Vögeln fast absolut constant in allen Muskeln, Geschlechtern und Altern. Ebensowenig finden sich bei den bisher untersuchten anderen Thierclassen Unterschiede in diesen Beziehungen. Eine Ausnahme bilden nur die Thoraxmuskeln der Insecten, welche in der physiologischen Leistungsfähigkeit wie in der Kleinheit ihrer Muskelkästchen sogar die Säugermuskeln noch übertreffen. Auch die Dimensionen der isotropen Substanz und die Dicke der Querlinien (0,0003) in der Längsrichtung der Muskelfaser sind bei den Wirbelthieren fast vollkommen identisch. Dagegen sind bei den Wirbellosen (Krebs, übrige Muskeln der Insecten) die Querlinien dicker (0,0005), während die isotrope Substanz bei den Insecten ebenfalls etwas mächtiger ist, als bei den Wirbelthieren. Die Amphibien und Fische zeichnen sich vor den höheren Wirbelthieren durch eine bedeutendere Breite (Dicke) ihrer Muskelkästchen in der Querrichtung der Muskelkästchen aus, wogegen die Länge dieselbe bleibt. Das Verhältniss der Länge zur Breite stellt sich beinahe wie 4 : 6, während es bei den höheren Wirbelthieren wie 4 : 3, und in den Thoraxmuskeln der Insecten wie 4 : 2,5 anzusetzen ist.

Bei den Insecten ist die Breite der Muskelkästchen in den übrigen Muskeln eher etwas geringer, als bei den niederen Wirbelthieren; aber die Länge hat bedeutend zugenommen, so dass das Verhältniss beider wieder wie 4 : 3 wird, ganz wie bei den höheren Wirbelthieren. Die Schwanzmuskeln des Flusskrebses stehen den Insectenmuskeln in dieser Hinsicht näher; in den Scheerenmuskeln dagegen finden sich absolut sehr breite Muskelkästchen, während die absolute Länge nicht grösser ist als bei den Insecten und zur Breite sich wieder wie beim Frosch (4 : 6)

verhält. Die Kästchen der glatten Muskelspindeln sind im Verhältniss zur Breite sehr lang (4 : 1); ihre absolute Länge übertrifft die aller anderen Muskelkästchen; die absolute Breite wird nur in den Scheerenmuskeln des Flusskrebses übertroffen. In der folgenden Tabelle sind die absoluten Dimensionen in Millimetern ausgedrückt. Die Verhältnisszahlen der Länge : Breite sind abgerundet. Als Einheit für die relativen Längen und Breiten ist die Länge der Muskelkästchen in den Thoraxmuskeln der Insecten, weil sie den absolut geringsten Betrag (0,0025 Mm.) repräsentirt, angenommen und = 100 gesetzt. Die Volumina sind unter Voraussetzung einer cylindrischen Gestalt der Muskelkästchen berechnet, welche Abweichung von der Wahrheit auf die relativen Grössen ohne merklichen Einfluss bleiben dürfte, und in Milliontel Cubikmillimeter ausgedrückt.

Dimensionen der Muskelkästchen.

Thiere.	Absolute		Relative		Verhältniss	Volumen	Muskeln.
	Länge	Breite	Länge	Breite	Länge : Breite		
Musca vomitoria	0,0025	0,0015	100	60	4 : 2,5	0,004	Thoraxmuskeln.
Säuger	0,0026	0,0019	104	76	4 : 3	0,007	Körpermuskeln.
Frosch	0,0026	0,0035	104	140	4 : 6	0,025	Brustmuskeln.
Hydrophilus piceus	0,0040	0,0030	160	120	4 : 3	0,028	Oberschenkelmuskeln.
Astacus fluviatilis	0,0039	0,0062	156	248	4 : 6	0,118	Scheerenmuskeln.
Mensch, Schwein	0,0180	0,0050	720	200	4 : 1	0,353	Glatte Muskeln des Darmkanals.

Die Berechnung der Volumina der Muskelkästchen bietet ein besonderes Interesse, weil darin ein Gesetz nicht zu verkennen ist, welches sich folgendermassen ausdrücken lässt: *Je rascher die Contractionen der betreffenden Muskeln resp. die Bewegungen der entsprechenden Thiere vor sich gehen, in um so kleinere Abtheilungen zeigt sich die gleiche Masse contractiler Substanz gesondert.* Die Schnelligkeit der Uebertragung der Erregung (Reizung) von Abtheilung (Muskelkästchen) zu Abtheilung nimmt also mit dem Volumen derselben in umgekehrtem Verhältnisse zu. Man braucht nur die Scala: Thoraxmuskeln der Insecten, höhere Wirbelthiere, niedere Wirbelthiere, übrige Muskeln der Insecten, Krebs, glatte Muskeln durchzugehen, um in der Uebereinstimmung der Reihenfolge mit der oben

gegebenen Columne der Volumina den Beweis für das aufgestellte Gesetz zu finden. Es mag noch bemerkt werden, dass im Allgemeinen die Anzahl der Muskelkästchen, welche zu einer Muskelfaser vereinigt sind, in ähnlichem Verhältniss abnimmt, wie die absolute Grösse der Kästchen wächst. In einer quergestreiften Muskelspindel des Menschen würde die Anzahl der Muskelkästchen unter Annahme einer doppelkegel-förmigen (spindelförmigen) Gestalt, einer Länge von 20—35 Mm. und einer grössten Dicke von 0,014—0,045 Mm. auf

300,000 bis 5 Millionen

zu schätzen sein, während eine glatte Muskelspindel des Menschen meist nur 7—10 Muskelkästchen enthält.

IV. Tabellen.

Bemerkungen zu den Tabellen A. bis C. über motorische Endplatten.

Die Nro. in der letzten Columne beziehen sich auf diejenigen des Literatur-Verzeichnisses E. über die Endigung der Muskelnerven. Ein Fragezeichen in der ersten Columne bedeutet, dass die Existenz der Endplatten bei dem betreffenden Thiere nicht mit voller Sicherheit nachgewiesen ist.

Wenn über die untersuchten Muskeln nichts angegeben ist, so kann man, was die Wirbelthiere anlangt, im Allgemeinen darauf rechnen, dass bisher nur beiläufige Bemerkungen vorliegen und eine Nach-Untersuchung als nothwendig erscheint. Bei den Wirbellosen sind gewöhnlich die Extremitätenmuskeln untersucht worden.

A. Motorische Endplatten der Wirbelthiere.

Ordnung.	Gattungsart.	Muskeln.	Jahr.	Beobachter.	Nro.
		Säuger.			
Bimana	Homo sapiens	Augenmuskeln	1863	*W. Krause*	54
Quadrumana	Pithecus satyrus	Augenmuskeln	1866	*Trinchese*	99
"	Cercopithecus sabaeus	Augenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
Chiroptera	Vespertilio murinus	Augenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
Carnivora	Felis catus domesticus	M. retractor bulbi	1863	*W. Krause*	54
"	Canis domesticus	M. retractor bulbi	1863	*W. Krause*	54
"	Hyaena striata	Augenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
Insectivora	Erinaceus europaeus	Augenmuskeln	1864	*W. Krause*	89
"	Talpa europaea	Mm. psoas. add. femoris	1863	*Engelmann*	63
"	Sorex araneus	Mm. sternoh., sternoth.	1862	*Rouget*	53
Glires	Lepus cuniculus dom.	Augenmuskeln	1862	*Rouget*	53
"	"	Herzmuskel	1868	*W. Krause*	104
"	Cavia cobaya	Mm. psoas, add. femoris	1863	*Engelmann*	63
"	Mus decumanus	Hautmuskeln	1863	*Lüdden*	55
"	Mus musculus	Diaphragma	1863	*W. Krause*	66
Multungula	Sus scropha domesticus	Augenmuskeln	1863	*W. Krause*	54
Solidungula	Equus caballus	Augenmuskeln	1863	*W. Krause*	54
Ruminantia	Bos taurus	Augenmuskeln	1863	*W. Krause*	54
"	Bos taurus neonatus	Augenmuskeln	1863	*Engelmann*	58
"	Ovis aries	Augenmuskeln	1863	*W. Krause*	54
"	Cervus alces	Augenmuskeln	1863	*Waldeyer*	59
		Vögel.			
Rapaces	Falco		1866	*Trinchese*	99
Passeres	Fringilla canaria	Mm. adductores femor.?	1863	*Engelmann*	63
"	Fringilla chloris	Augenmuskeln	1863	*W. Krause*	66
"	Pyrgita domestica		1863	*Letzerich*	62
Gallinae	Gallus domesticus	Augen- u. Vorderarm-M.	1862	*Rouget*	53
"	Meleagris gallopavo		1863	*Engelmann*	63
"	Columba livea domest.	M. retractor bulbi	1863	*W. Krause*	54
Palmipedes	Larus ridibundus	Brustmuskel	1866	*Trinchese*	99
		Reptilien.			
Testudinata	Testudo graeca		1863	*Engelmann*	63
Sauria	Lacerta agilis	Mm. intercostales	1862	*Rouget*	53
"	Chamaeleo africanus	Hautm. d. Nackens, Zungenmuskel	1864	*Beale*	83
"	Anguis fragilis		1863	*Engelmann*	58
Ophidia	Tropidonotus natrix	Zungenbeinmuskeln	1863	*Engelmann*	58

Ordnung.	Gattungsart.	Muskeln.	Jahr.	Beobachter.	Nro.
	Amphibien.				
Batrachia	Rana temp. u. escul.	Verschiedene Muskeln	1863	*Waldeyer*	59
„ ?	Hyla arborea		1863	*Engelmann*	63
„ ?	Bombinator igneus		1863	*Engelmann*	63
„ ?	Triton palustris		1863	*Engelmann*	63
„	Salamandra		1868	*Kühne*	109
	Knochenfische.				
Thoracici ?	Perca fluviatilis		1863	*Engelmann*	63
Abdominales	Osmerus eperl.-marinus	Seitenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
„	Cyprinus carpio	Seitenmuskeln	1863	*W. Krause*	66
„ ?	Tinca		1863	*Engelmann*	63
„	Leuciscus dobula	Seitenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
„	Esox lucius		1863	*Waldeyer*	59
	Clupea harengus	Augenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
Subbrachiales	Platessa		1869	*W. Krause*	111
Apodes ?	Anguilla fluviatilis		1863	*Engelmann*	63
	Knorpelfische.				
Plagiostomi	Torpedo Galvanii	Augenm., Flossenm.	1869	*W. Krause*	111
„	Torpedo ocellata	M. depr. max. inferioris	1866	*Trinchese*	99
Cyclostomi	Petromyzon fluviatilis		1863	*Waldeyer*	59
Leptocardi	Branchiostoma lubric.		1845	*Quatrefages*	15

B. Motorische Endplatten der Wirbellosen.

Ordnung.	Gattungsart.	Muskeln.	Jahr.	Beobachter.	Nro.
	Insecten.				
Coleoptera	Carabus auratus		1863	*Engelmann*	63
„	Procrustes coriaceus	Schenkelmuskeln	1863	*W. Krause*	67
„	Geotrupes stercorarius		1863	*Engelmann*	63
„	Ateuchus sacer		1864	*Rouget*	88
„	Melolontha vulgaris		1863	*Engelmann*	63
„	Lucanus cervus		1864	*Rouget*	88
„	Trichodes apiarius	Muskeln der Genitalien	1864	*Engelmann*	86
„	Trichodes alvearius	Muskeln der Genitalien	1864	*Engelmann*	86
„	Silpha obscura		1863	*Engelmann*	63
„	Dyticus marginalis		1863	*Waldeyer*	59
„	Hydrophilus piceus	Schenkelmuskeln	1863	*Waldeyer*	59
„	Cerambyx moschatus		1864	*Schönn*	85
„	Saperda carcharias		1864	*Schönn*	85
„	Luciola italica		1866	*Trinchese*	99
„	Chrysomela populi	Muskeln der Genitalien	1864	*Engelmann*	86
Lepidoptera	Microlepidoptera	Muskeln d. Hinterbeine von Raupen	1868	*Engelmann*	106
„	Noctuae	„	1868	*Engelmann*	106
Hymenoptera	Bombus		1863	*Engelmann*	63
„	Apis mellifica		1866	*Trinchese*	99
Diptera	Culex	Muskeln der Larve	1866	*Moxon*	98
„ ?	Chironomus	Muskeln der Larve	1850	*Kölliker*	21
„	Corethra		1864	*Rouget*	88
„	Tipula crystallina	Muskeln der Larve	1867	*Maddox*	103
„	Tabanus bovinus		1863	*Engelmann*	63
„	Musca vomitoria	Schenkelmuskeln	1869	*W. Krause*	111
„	Musca domestica		1863	*Waldeyer*	59
„	Sarcophaga carnaria	Schenkelmuskeln	1869	*W. Krause*	111
	Arachniden.				
Arachneae	Tegenaria		1863	*Engelmann*	63
„	Argyroneta aquatica		1863	*Waldeyer*	71
„	Segestria cellaria		1866	*Trinchese*	99
„	Pholcus phalangiodes		1866	*Trinchese*	99
Arctiscoida	Arctiscon Milnei		1865	*Greeff*	90
	Crustaceen.				
Thoracostraca	Astacus fluviatilis		1863	*Waldeyer*	59
„	Crangon vulgaris	Scheerenmuskeln	1869	*W. Krause*	111
„	Palaemon		1866	*Trinchese*	99
„	Carcinus maenas		1864	*Rouget*	88
Arthrostraca	Gammarus		1863	*Waldeyer*	59

Ordnung.	Gattungsart.	Muskeln.	Jahr.	Beobachter.	Nro.
	Würmer.				
Nematoidea ?	Ascaris mystax		1856	*Meissner*	30
„ ?	Ascaris triquetra		1856	*Meissner*	30
„ ?	Ascaris commutata		1856	*Meissner*	30
„ ?	Mermis nigrescens		1856	*Meissner*	30
„ ?	Mermis albicans		1854	*Meissner*	28
„ ?	Filaria		1855	*Wedl*	29
„ ?	Physaloptera		1855	*Wedl*	29
„ ?	Spiroptera		1855	*Wedl*	29
„ ?	Oxyuris		1857	*Walter*	31
„ ?	Gordius		1856	*Meissner*	30
„ ?	Nematoidea		1858	*Munk*	32
Annelides ?			1843	*Quatrefages*	12
Rotatoria ?			1843	*Quatrefages*	12
	Mollusken.				
Gasteropoda ?	Eolidina paradoxum		1843	*Quatrefages*	12
„ ?	Helix pomatia	Pharynxmuskeln	1866	*Trinchese*	99
	Strahlthiere.				
Echinodermata	Ophiura texturata		1866	*Trinchese*	99
	Polypen.				
Bryozoa	Bowerbankia densa		1866	*Trinchese*	99

C. Dimensionen der motorischen Endplatten.

Gattungsart.	Muskeln.	Endplatten in Mm.			Zahl der Kerne.	Beobachter.
		Länge.	Breite.	Dicke.		
Homo sapiens	Augenmuskeln	0,04—0,06	0,04	0,006		*W. Krause*
Pithecus satyrus	Augenmuskeln	0,03—0,08		0,01—0,03	3—16	*Trinchese*
Cercopithecus sab.	Augenmuskeln	0,02—0,03	0,02—0,03		ca. 5	*W. Krause*
Vespertilio murinus	Augenmuskeln	0,03	0,03			*W. Krause*
Felis catus dom.	Augenmuskeln	0,04—0,05	0,02—0,04	0,006-0,008	8—20	*W. Krause*
Canis domesticus	Augenmuskeln	0,03—0,08		0,01—0,03	3—16	*Trinchese*
Hyaena striata	Augenmuskeln	0,02—0,03	0,02—0,03			*W. Krause*
Lepus cunicul. dom.					7—10	*Engelmann*
Cavia cobaya	Augenmuskeln	0,01	0,01		6—9	*W. Krause*
Sus scropha dom.					bis 20	*Engelmann*
Ovis aries	Augenmuskeln	0,034	0,02			*Schönn*
Falco		0,03	0,03			*Trinchese*
Fringilla canaria		0,03	0,03			*Engelmann*
Gallus domesticus	Augenmuskeln	0,038-0,057	0,038-0,057	0,006	8	*W. Krause*
Meleagris gallopavo		0,05	0,05			*Engelmann*
Larus ridibundus		0,03	0,03			*Trinchese*
Testudo graeca	Vorderarmm.	0,055	0,015		1—3	*W. Krause*
Lacerta agilis		0,05	0,02	0,004—0,006	10—16	*Rouget*
„		0,06—0,07	0,04—0,05	0,006	6—10	*Waldeyer*
„	Intercostalm.	0,05—0,06	0,05—0,06	0,003		*W. Krause*
Anguis fragilis					7—8	*Engelmann*
Tropidonotus natrix					6—10	*Engelmann*
Rana temp. u. esc.	Augenmuskeln	0,015—0,02	0,015—0,02	0,0019	1	*W. Krause*
„		0,083-0,133	0,02	0,007—0,01	5	*Waldeyer*
„	Mm. gastrocn.	0,05		0,006	2—3	*Trinchese*
„	Brusthautm.	0,06—0,24	0,015—0,03	0,003	4—5	*W. Krause*
Salamandra macul.	Vorderarmm.	0,09—0,1		0,0019-0,0027	2—4	*W. Krause*
Esox lucius		0,15		0,005		*Waldeyer*
Torpedo ocellata		0,08—0,2	0,08—0,2	0,01—0,04	4—22	*Trinchese*
Torpedo Galvanii	Brustflossenm.	0,11—0,17	0,11—0,17	0,004—0,007	6—20	*W. Krause*
„	Schwanzmusk.	0,04—0,048	0,04—0,046	0,003	3—6	*W. Krause*
Petromyzon fluviat.	Kaumuskeln	0,028	0,01	0,005		*W. Krause*
Cerambyx mosch.				0,007		*Schönn*
Trichodes ap. u. alv.	Beinm. d. Larv.	0,02—0,12	0,02—0,12	bis 0,05		*Engelmann*
Apis mellifica		0,03—0,05	0,03—0,05	0,003		*Trinchese*
Astacus fluviatilis	Scheerenmusk.	0,074				*Schönn*
Crangon vulgaris	Scheerenmusk.	0,077				*W. Krause*
Ophiura texturata		0,04		0,01		*Trinchese*
Bowerbankia densa		0,01		0,005	1	*Trinchese*

D. Verzeichniss der im Isten Abschnitt vom Bau der Muskelfasern citirten Literatur.

1. *Kölliker*, Microscopische Anatomie. Bd. II. a. 1850. S. 210.
2. *W. Krause*, Zeitschrift für rationelle Medicin. 1863. Bd. XVIII. S. 150.
3. *Kölliker*, Gewebelehre, 1859. S. 182.
4. *Kölliker*, Microscopische Anatomie. Bd. II. a. 1850. S. 210.
5. *Reichert*, Arch. f. Anat. und Physiol. 1851. S. 29.
6. *Aeby*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1862. Bd. XIV. S. 182.
7. *Weismann*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1860. Bd. X. S. 269.
8. *Kölliker*, Gewebelehre. 1863. S. 192.
9. *Kölliker*, Microscopische Anatomie. Bd. II. a. 1850. S. 211.
10. *Kölliker*, Microscopische Anatomie, Bd. II. a. 1850. S. 208.
11. *Bowmann*, Todd's Cyclopaedia of anatomy and physiol. 1847. Vol. III. S. 507.
12. *Kölliker*, Microscopische Anatomie. Bd. II. a. 1850. S. 208.
13. *Haller*, Elementa physiologiae 1757—1766. Vol. IV. Lib. XI. Sect. 1. §. 3.
14. *Rollett*, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. M. N. Cl. 1856. Bd. XXIV. S. 176.
15. *Funke*, Physiologie. Bd. I. 1858. S. 649.
16. *Herzig* und *Bisiadecki*, Sitzungsber. d. k. k. Akademie d. Wissensch. zu Wien. M. N. Cl. 1857. Bd. XXX. S. 73. 1858. Bd. XXXIII. S. 146. Moleschott's Untersuchungen. 1859. Bd. VI. S. 105.
17. *Kölliker*, Gewebelehre. 1867. S. 159.
18. *Frey*, Histologie und Histochemie. 1867. S. 339.
19. *W. Krause*, Zeitsch. f. ration. Medicin. 1863. Bd. XX. S. 1.
20. *Strauss-Dürkheim*, Anatomie du Chat. 1845. Tom. II. S. 416. Pl. III. 103.
21. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1863. Bd. XVIII. S. 150.
22. *W. Krause*, Zeitsch. f. ration. Medicin. 1863. Bd. XX. S. 1.
23. *W. Krause*, Gött. Nachr. 11. Juli 1865. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde f. Norddeutschland. 1865. S. 447. W. Krause, Beiträge zur Neurologie der oberen Extremität. 1865. S. 10. Nicol, Zeitschr. f. rationelle Medicin. 1866. Bd. XXVIII. S. 71.
24. *Rollett*, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien. M. N. Cl. 1857. Bd. XXIV. S. 311. Fg. 7.
25. *W. Krause*, Ueber den Bau der quergestreiften Muskelfaser. Göttinger Nachrichten. 20. Aug. 1868. Nro. 17. S. 357.
26. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1868. B. XXXIII. S. 265.
27. *Dobie*, Annals of natural history. 1849. Vol. III. II. ser. S. 112.
28. *Rollett*, Sitzungsber. d. k. k. Akademie der Wissensch. zu Wien. 1857. Bd. XXIV. S. 294.

29. *Haeckel*, Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1857. S. 494.

30. *Kühne*, Ueber die peripherischen Endorgane der motorischen Nerven. 1862. Taf. I. Fg. 3. Taf. II. Fg. 8. Taf. IV. Fg. 15. Archiv f. pathol. Anatomie. 1863. Bd. XXVII. Taf. XI. Fg. 5. Bd. XXVIII. Taf. 15. Fg. 1 u. 3.

31. *W. Krause*, Die Membrana fenestrata der Retina. 1868. S. 44.

32. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1863. Bd. XVIII. S. 156. Taf. VII. Fg. 13.

33. *Böttcher*, Archiv f. pathol. Anatomie. 1858. Bd. XIII. S. 227. *O. Weber*, daselbst, 1858. Bd. XV. S. 465. *Sczelkow*, daselbst, 1860. Bd. XIX. S. 215.

34. *Zenker*, Ueber die Veränderungen der willkürlichen Muskeln im Typhus abdominalis. Leipzig, 1864. *Waldeyer*, Archiv f. pathol. Anat. 1865. Bd. 34. S. 488 Decemberheft. *Erb*, Arch. f. pathol. Anat. 1866. Bd. 43. S. 108.

35. *W. Krause*, Die Membrana fenestrata der Retina. Leipzig. 1868. S. 46.

36. *Henle*, Allgemeine Anatomie. 1841. Taf. IV. Fg. 4. C.

37. *Leydig*, Lehrbuch der Histologie. 1857. S. 45. Fg. 25.

38. *Bowmann*, Todd's Cyclopaedia of anatomy and physiology. 1847. Vol. III. S. 510. Fg. 289.

39. *Schönn*, Jenaische Zeitschr. f. Medicin und Naturwiss. 1864. Bd. II. S. 26.

40. *Kölliker*, Gewebelehre. 1867. S. 157.

41. *Lebert*, Gazette médicale de Paris. 1849. S. 940.

42. *C. Krause*, Handbuch der menschlichen Anatomie. 1833. Bd. I. S. 57. 1841. Bd. I. S. 96.

43. *Gerber*, Allgemeine Anatomie des Menschen und der Haussäugethiere. 1840. S. 140. Taf. IV. Fg. 78.

44. *Sharpey*, Quain's anatomy. 5th edit. P. II. 1846. *Dobie*, Annals of natural history. 1849. Vol. III. Second series. S. 112.

45. *Donders*, Nederlandsch Lancet. III. ser. 1853. I. Jaarg. S. 559.

46. *Carpenter*, Manual of physiology. 1846. S. 200. Fg. 59.

47. *Wilson*, Manual of anatomy. 3. edit. p. 16.

48. *Dobie*, Annals of natural history. Vol. III. Second series. 1849. Taf. VII. Fg. 5. S. 115.

49. *Quekett*, A practical treatise on the use of the microscope. 1848. Taf VIII. Fg. 10. 11. Medical Times. 1851. Lectures on histology. 1852. S. 195. Fg. 147. C. Fg. 148. b.

50. *Kölliker*, Microscopische Anatomie. 1850. Bd. II. a. S. 270. Fg. 80. B.

51. *Amici*, Il Tempo, giornale ital. di medicina chir. e scienze affini. Firenze 1858. Anno I. Vol. II. S. 328. Uebersetzt von Lambl, Archiv. f. pathol. Anatomie. 1859. Bd. XVI. S. 414. Taf X. Fg. 4.

52. *Martyn*, Beale's Archives of medicine. 1862. Nro. XI. S. 227. Taf. XIV.

53. *Kühne*, Archiv f. pathol. Anatomie. 1863. Bd. XXVII. S. 533. Taf. XI. Fg. 8. B.

54. *Kühne*, Daselbst Taf. XX. Fg. 1. 2. 3. 7. 8 A.

55. *Sharpey*, Quain's anatomy. 7th edit. London, 1867. Vol. III. S. CXIX. Fg. LXI. A.

56. *Frey*, Histologie und Histochemie. 1867. S. 334.

57. *Bowmann*, Todd's Cyclopaedia of anatomy and physiology. 1847. Vol. III. S. 508. Fg. 287 B. S. Kölliker, Microscopische Anat. 1850. Bd. II. a. S. 202. Fg. 55. A.

58. *Kölliker*, Gewebelehre. 1867. S. 154. Fg. 107.

59. *Valentin*, Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. Bd. I. 1842. Taf. VI. Fg. 79.

60. *Steffan*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1860. Bd. X. Taf. III. Fg. 4.

61. *Kölliker*, Zeitschr. f. wissenschaftliche Zoologie. 1866. Bd. 16. S. 376. Fg. 2. Handbuch der Gewebelehre. 1867. S. 153. Fg. 106.

62. *Bowman*, Todd's Cyclopaedia of anatomy and physiology. 1847. Vol. III. S. 509. Fg. 288. S. Kölliker, Microscopische Anat. 1850. Bd. II. a. S. 202. Fg. 55. B.

63. *Carpenter*, Manual of physiology. 1846. S. 199. Fg. 58.

64. *Welcker*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1860. Bd. X. Taf. V. Fg. 2.

65. *Cohnheim*, Archiv f. pathol. Anatomie. 1865. Bd. 34. Taf. XIV.

66. *Kölliker*, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. 1866. Bd. 16. Taf. XII. Fg 1 u. 3. Handbuch der Gewebelehre. 1867. S. 152. Fg. 105.

67. *Weismann*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1862. Bd. XV. S. 60.

68. *W. Krause*, Göttinger Nachr. 1868. Nro. 18. S. 382.

69. *Weismann*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1862. Bd. XV. S. 72.

70. *Sharpey*, Quain's anatomy, 7th edit. Vol. III. 1867. S. CXIX.

71. Notes on *Kölliker*, S. auch Martyn, Beale's Archives of medicine 1862. Nro. XI. S. 231.

72. *Joh. Müller*, Handbuch der Physiologie. 1840. Bd. II. S. 41.

73. *Amici*, Il Tempo. Giornale ital. di medicina, chirurgia e scienze affini. Firenze 1858. Anno I. Vol. II. S. 328. Uebersetzt von Lambl, Archiv für pathol. Anatomie. 1859. Bd. XVI. S. 414. Taf. X. Fg. 1 u. 2.

74. *Brücke*, Denkschr. der k. k. Akad. der Wissensch. zu Wien. Math.-naturw. Cl. 1858. Bd. XV. S. 69. Taf. I. A.

75. *Kölliker*, Handbuch der Gewebelehre, 1859. S. 179. Fg. 96. Fünfte Auflage. 1867. S. 155. Fg. 108.

76. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1868. Bd. XXXIII. S. 270.

77. *W. Krause*, Anatomie des Kaninchens. 1868. S. 177.

78. *C. Krause*, Handbuch der Anatomie. Bd. I. 1841. S. 97.

79. *Carpenter*, Manual of physiology. 1846. S. 201. Fg. 60.

80. *Kölliker*, Zeitschr. f. wissenschaftliche Zoologie. 1849. Bd. I. S. 48. Taf. V. Fg. 9. β. Taf. VI. Fg. 17. Fg. 19. Gewebelehre. 1852. S. 63. Fg. 33. 1867. S. 86. Fg. 42.

81. *G. Wagener*, Archiv f. Anatomie und Physiologie. 1863. Taf. IV. Fg. 1. Taf. V. Fg. 25. a.

82. *Meissner*, Zeitschr. f. ration. Medicin. 1858. Bd. II. S. 316. Taf. V.

83. *G. Wagener*, Archiv für Anatomie und Physiologie. 1863. Taf. V. Fg. 25. b. c.

84. *Heidenhain*, Studien des physiol. Instituts zu Breslau. 1861. Heft I. S. 199. Taf. I.

85. *Henle*, Jahresbericht f. 1861. S. 39.

86. *Henle*, Canstatt's Jahresber. für 1844. Bd. I. S. 20.

87. *G. Wagener*, Archiv für Anatomie und Physiologie. 1863. Taf. V. Fg. 23. *Beale*, Archives of medicine. 1864. Vol. IV. Nro. XIV. Taf. XII.

88. *Harting*, Het microscoop. 1854. T. IV. S. 188. S. 268.

89. *Goodfellow*, London physiological Journal. Jan. 1844. Canstatt's Jahresber. für 1844. Bd. I. S. 20.

90. *Barry*, The Lancet, 1842. Vol. I. Nro. 5.

91. *W. Krause*, Götting. gelehrte Anzeigen. März 1865. S. 436.

E. Literatur der Nervenendigung im Muskel.

Da die hier gewählte Anordnung der Literatur einige Aehnlichkeit mit dem von Kühne (Nro. 109) gegebenen Verzeichniss darbietet, so ist es nothwendig für die mit der betreffenden Literatur nicht Vertrauten zu bemerken, dass hier im Wesentlichen ein Abdruck der von mir früher (Nro. 89) mitgetheilten Uebersicht wiederholt wird. Auf die chronologische Reihenfolge ist kein grosser Werth zu legen, weil öfters unter einander unabhängige Arbeiten erschienen sind, von denen Seitens der Redactionen der Zeitschriften die Einen nachdatirt (z. B. Nro. 85), die Anderen vordatirt (z. B. Nro. 68) wurden, was in dem zufälligen Zeitpunkt des Erscheinens der betreffenden Journal-Hefte seinen Grund hat. Als Nro. 111 ist die vorliegende Monographie selbst bezeichnet.

1. *Prévost et Dumas*, Magendie, Journal de physiol. expérim. T. III. S. 320. 1822.

2. *R. Wagner*, Burdach's Physiologie. Bd. V. S. 144. 1835.

3. *Treviranus*, Beiträge zur Aufklärung der Erscheinung und Gesetze des organ. Lebens. II. S. 59. 1835.

4. *Valentin*, Hecker's Neue Annalen der gesammten Heilkunde. Bd. II. S. 66. 1835. Ueber den Verlauf und die letzten Enden der Nerven. Bonn. 1836.

5. *Emmert*, Ueber die Endigungsweise der Nerven in den Muskeln. Bern. 1836.

6. *Schwann*, Joh. Müller's Handbuch der Physiologie. Bd. II. S. 54. 1837.

7. *Burdach*, Beiträge zur microscopischen Anatomie d. Nerven. Königsberg. 1837.

8. *Gerber*, Handbuch der allgemeinen Anatomie. S. 157. 1840.

9. *Doyère*, Annal. des scienc. naturelles. 2me Sér. Zool. T. XIV. S. 346. 1840.

10. *Bruns*, Lehrbuch der allgemeinen Anatomie. S. 312. 1841.

11. *Remak*, Archiv für Anat. u. Physiol. S. 189. 1843.

12. *Quatrefages*, Annal. d. sc. natur. 2me Sér. Zool. T. XIX. S. 300. Pl. XI Fg. 12. 1834

13. *Hannover*, Recherches microscop. sur le syst. nerv. Copenh. S. 34. 1844.

14. *Joh. Müller*, Handb. d. Physiol. Bd. I. S. 524. 1844.

15. *Quatrefages*, Annal. d. sc. natur. 3me Sér. T. IV. S. 197. Pl. XIII. Fg. 8. 1845.

16. *Hassall*, The anatomy of the human body. Taf. XLI. Fg. 4. London. 1846—49.

17. *Zenker*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. VI. S. 298. 1847.

18. *R. Wagner*, Neue Untersuchungen etc. Anhang. 1847. Handwörterbuch der Physiologie. Bd. III. S. 388.

19. *Quatrefages*, Recherches anat. et zool. faites pendant un voyage sur les côtes de la Sicile par M. Edwards, de Quatrefages et Blanchard. 2me partie. S. 32. 1849.

20. *Lebert*, Gazette médicale de Paris. S. 940. 1849.

21. *Kölliker*, Microsc. Anat. Bd. II. a. S. 245. 1850.

22. *Reichert*, Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 29. 1851.

23. *Joh. Müller*, Monatsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. S. 474. 1851.
24. *R. Wagner*, Gött. Nachr. 8. Oct. 1851. Neurol. Untersuchungen. S. 114. 1854.
25. *Luschka*, Der N. phrenicus. S. 39. 1853.
26. *Axmann*, Beitr. z. Anat. des Ganglien-Nervensystems. S. 60. Fg. 22. 1853.
27. *Mayer*, Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 214. 1854.
28. *Meissner*, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. V. S. 234. 1854.
29. *Wedl*, Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math. naturw. Classe. Bd. XVII. S. 298. 1855.
30. *Meissner*, Zeitschr. f. wissensch Zool. Bd. VII. S. 26 u. 96. 1856.
31. *Walter*, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. VII. S. 163. 1857.
32. *Munk*, Götting. Nachr. Nro. 1. S. 11. 1858.
33. *Schaafhausen*, Amtl. Bericht d. Naturforscher-Versamml. zu Bonn. S. 193. 1859.
34. *Kühne*, Monatsber. d. k. Akad. d. Wissensch. zu Berlin. S. 395. S. 493. 1859.
35. *Kühne*, Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 564. 1859.
36. *Beale*, Proceed. of the royal soc. of London. Vol. X. S. 519. 1860.
37. *Beale*, Philos. transact. S. 611. 1861.
38. *Kühne*, Compt. rend. S. 316. 1861.
39. *Margó*, Sitzungsber. der ungar. Akad. d. Wissensch. 14. Oct. 1861.
40. *Manz*, Freiburger Ber. Bd. II. S. 395. 1862.
41. *Kühne*, Ueber die periph. Endorgane etc. Leipzig. 1862.
42. *Kölliker*, Würzb. naturwiss. Zeitschr. Bd. III. S. 1. 1862. Uebers. in den Proceed. of the royal soc. of London. Vol. XII. S. 65. 1862.
43. *Walter*, Arch. f. path. Anat. B. XXIV. S. 166. 1862.
44. *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXIV. S. 462. 1862.
45. *Naunyn*, Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 481. 1862.
46. *Aeby*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XIV. S. 183. S. 198. 1862.
47. *Schiff*, Schweiz. Zeitschr. f. prakt. Heilk. S. 171. 1862.
48. *Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XV. S. 189. 1862.
49. *Kölliker*, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XII. S. 149. 1862.
50. *Kölliker*, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XII. S. 263. 1862.
51. *Margó*, Ueber die Endigung der Nerven in der quergestr. Muskelsubstanz. Pesth. 1862.
52. *Beale*, Proceed. of the royal soc. of London. Vol. XII. S. 136. June 19, 1862. Arch. of medicine. Vol. III. S. 257. 1862.
53. *Rouget*, Compt. rend. T. LV. S. 548. 29. Sept. 1862.
54. *W. Krause*, Götting. Nachr. Nro. 2 u. 3. 28. Januar 1863.
55. *Lüdden*, Zeitschr. f. wissensch. Zool. Bd. XII. S. 482. 1863.
56. *Beale*, Quarterly Journ. of microsc. science. Vol. III. S. 97. 1863. Proceed. of the royal soc. of London. Vol. XII. S. 668. June 5, 1863.
57. *v. Wittich*, Königsb. medic. Jahrb. Bd. III. Heft 1. S. 49. 1863.
58. *Engelmann*, Medic. Centralbl. Nro. 19. 1863.
59. *Waldeyer*, Medic. Centralbl. Nro. 24. 1863.
60. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XVIII. S. 136. 1863.
61. *Frey*, Canstatt's Jahresber. f. 1862. S. 60. 1863.
62. *Letzerich*, Correspondenzbl. d. deutschen Gesch. f. Psychiatrie. Nro. 11 u. 12. S. 189. Medic. Centralztg. Nro. 37. 1863.
63. *Engelmann*, Untersuch. über den Zusammenhang von Nerven- u. Muskelfaser. Leipzig, 1863.
64. *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXVII. S. 508. 1863.

65. *Kühne*, Arch. für pathol. Anat. Bd. XXVIII. S. 528. 1863.
66. *Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XX. S. 1. 1863.
67. *Krause*, Götting. Nachr. Nro. 18. 1863. Zeitschr. f. prakt. Heilk. f. Hannover. S. 8. 1864.
68. *Rouget*, Journal de la physiol. par Brown-Séquard. T. V. S. 574. 1863.
69. *Beale*, Quarterly Journal of microsc. science. Vol. III. S. 302. 1863.
70. *Trinchese*, Compt. rend. T. LVIII. S. 629. 1863.
71. *Waldeyer*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XX. S. 242. 1863.
72. *Beale*, Philos. transact. 1862. P. II. S. 889. 1863.
73. *Cohnheim*, Medic. Centralbl. Nro. 55. 1863.
74. *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat Bd. XXIX. S. 207. 1864.
75. *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXIX. S. 433. 1864.
76. *W. Krause*, Zeitschr. für ration. Medicin. Bd. XXI. S. 77. 1864.
77. *Leydig*, Vom Bau des thierischen Körpers. Bd. I. S. 100. 1864.
78. *Marcusen*, Compt. rend. T. LVIII. Nro. 10. T. LIX. Nro. 2. 1864.
79. *Kühne*, Compt. rend. Nro. 22. S. 1025. 1864.
80. *Kühne*, Medic. Centralbl. Nro. 24. 1864.
81. *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXX. S. 187. 1864.
82. *Zenker*, Ueber die Veränderungen der willkürlichen Muskeln im Typhus abdominalis. Leipzig, Taf. V. Fg. 5. 1864.
83. *Beale*, Arch. of medic. Vol. IV. S. 161. 1864.
84. *Beale*, Transact. of the microsc. soc. of London. Vol. XII. S. 94. 1864.
85. *Schönn*, Anatomische Untersuchungen im Bereich des Muskel- und Nervengewebes. Jenaische Zeitschr. f. Medic. u. Naturwissensch. Bd. II. S. 26. 1864.
86. *Engelmann*, Jenaische Zeitschr. f. Medic. u. Wissensch. Bd. I. S. 322. 1864.
87. *Rouget*, Compt. rend. T. LIX. S. 809. 1864.
88. *Rouget*, Compt. rend. T. LIX. S. 851. 1864.
89. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XXIII. S. 157. 1864.
90. *Greeff*, Arch. f. microsc. Anat. Bd. I. S. 101. 1865.
91. *v. Hessling*, Grundzüge der Gewebelehre des Menschen. Leipzig. S. 138. 1865.
92. *Cohnheim*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXXIV. S. 194. 1866.
93. *Kühne*, Arch. f. pathol. Anat. Bd. XXXIV. S. 412. 1865.
94. *Greeff*, Arch. f. microsc. Anat. Bd. I. S. 437. 1865.
95. *Beale*, Proceed. of the royal soc. of London. Vol. XIV. S. 229. 1865.
96. *Axel Key*, Förhandling. vid Skand. Naturf. i Stockholm. 1863. Med. Centralbl. S. 212. 1866.
97. *Rouget*, Compt. rend. T. LXII. S. 1377. 1866.
98. *Moxon*, Quarterly Journ. of microsc. science S. 235. 1866.
99. *Trinchese*, Memoria sulla terminazione periferica dei nervi motori. Con quattro tavole. Genova. 1866.
100. *Trinchese*, Journal de l'anat. et de la physiol. par Robin. S. 485. Taf. XVIII bis XXI. 1867.
101. *Frey*, Histologie und Histochemie. S. 369. 1867.
102. *Kölliker*, Handbuch der Gewebelehre. 5. Aufl. S. 168. 1867.
103. *Maddox*, Proceed. of the royal soc. of London. Nro. 94. S. 61. 1867.
104. *W. Krause*, Anatomie des Kaninchens. S. 131. S. 178. 1868.
105. *Eckhard*, An Herrn Dr. W. Krause, Professor der modernen anatomischen Anschauungen in Göttingen. Giessen. S. 17. 1868.
106. *Engelmann*, Jenaische Zeitschr. f. Medic. u. Naturwissensch. Bd. IV. S. 307. 1868.

107. *W. Krause*, Götting. Nachr. Nro 18. 12. Sept. 1868.
108. *W. Krause*, Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 646. 1868.
109. *Kühne*, Stricker's Handbuch der Gewebelehre. Lief. I. S. 147. 1868.
110. *W. Krause*, Zeitschr. f. ration. Medicin. Bd. XXXIV. S. 110. 1868.
111. *W. Krause*, Die motorischen Endplatten der quergestreiften Muskelfasern. Hannover, Hahn. 1869.

F. Verzeichniss der Abbildungen.

Nachträge und Berichtigungen.*

Zu S. 43.

Brücke hatte 1858 gezeigt, dass die Querlinien in der hellen isotropen Substanz der Muskelcylinder von Hydrophilus piceus doppeltbrechend sind. Die Querlinien wurden nach dem damaligen Stande der Wissenschaft als Ausdruck dünnerer Schichten von sarcous elements gedeutet, die mit den dickeren (den dunkeln Querbändern) alternirend eingeschaltet wären. Von Heppner (Archiv f. microsc. Anat. Bd. V. S. 137. 1869) ist kürzlich behauptet worden — wahrscheinlich ohne Fg. A. Taf. I. der Brücke'schen Abhandlung in Betracht zu nehmen — die Substanz der Querlinien sei einfach brechend. Desshalb mag hier wiederum bemerkt werden, dass die Angabe Brücke's leicht als richtig zu erweisen ist, wenn man genau nach dessen Vorschriften verfährt. Heppner hat im Uebrigen durch seine Abbildung eine interessante Bestätigung meiner Angabe geliefert, dass die Querlinien die helle isotrope Substanz halbiren. Wenn am Rande des Gesichtsfeldes einzelne Querlinien in der anisotropen Substanz zu liegen scheinen, so kann dies von unvollständig corrigirter sphärischer Aberration des benutzten Linsensystems abhängen — genau horizontal liegende Muskelfasern und Vermeidung einer Verwechslung mit Querrunzeln des Sarcolems vorausgesetzt. Die für letztere characteristischen Einkerbungen des Sarcolems am Rande sind in Heppner's Abbildung ziemlich stark ausgeprägt. Unter den angegebenen Umständen wird nämlich am Rande des Gesichtsfeldes die Focalebene des Microscops mit der Oberfläche der betrachteten Muskelfaser zusammenfallen können und die von Dobie (Siehe S. 8) erörterte Vertauschung von dunkeln mit hellen Querstreifen auftreten müssen, insofern eine „oberflächliche“ Focusstellung damit realisirt ist. Dass die übrigen Deductionen Heppner's in Betreff der Identität der Querlinien mit der bisher sogenannten isotropen Substanz schon wegen des im Text (S. 9 und 11) geschilderten chemischen Verhaltens der Querlinien gegen verdünnte Säuren etc. unhaltbar geworden sind, bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung.

Zu S. 85.

Erneuerte Untersuchungen an Muskeln von Kaninchen-Embryonen, die mit Hülfe von Wasser oder Essigsäure im ganz frischen Zustande,

* Der anatomische Theil der Arbeit war im September 1868 in allem Wesentlichen vollendet.

sowie nach Härtung in Alkohol vorgenommen wurden, ergaben eine Bestätigung der früher erhaltenen Resultate in Betreff der motorischen Endplatten, ihrer Lage ausserhalb des Sarcolems, sowie ihrer Nerven.

Zu S. 106.

Nachträglich hatte ich Gelegenheit auch Torpedo ocellata ganz frisch zu untersuchen; die Verhältnisse sind genau dieselben, wie bei Torpedo Galvanii. Die Dicke der motorischen Endplatten hat man irrthümlicher Weise viel zu hoch angegeben; sie beträgt nicht mehr als 0,006 Mm. im Durchschnitt und bis zu 0,01 nur an der Eintrittsstelle der Nervenfaser selbst. Sämmtliche Kerne der Endplatte sind von derselben Beschaffenheit; sie liegen in der feinkörnigen Substanz eingebettet, sind aber keineswegs theilweise von besonderen Zellenkörpern umhüllt. Die Kerne haben 0,012 Mm. Länge, 0,006 Breite, 0,0024 Dicke und sind also ebenfalls nicht unbeträchtlich abgeplattet. Die im ganz frischen Zustande anscheinend feinkörnige Masse lässt sich mit Hülfe von Reagentien in ähnlicher Weise in blasse Terminalfasern auflösen, wie es im Text (S. 74 und 93) von den Endplatten des M. retractor bulbi der Katze etc. geschildert wurde. Die Verzweigung dieser Terminalfasern ist jedoch eine viel reichhaltigere und wegen der absoluten Grösse der Endplatten die Lage ausserhalb des Sarcolems leicht zu constatiren.

In den e l e c t r i s c h e n E n d p l a t t e n von Torpedo ist das angebliche nervöse Endnetz kein terminales. Die letzten unmessbar feinen Nervenfasern werden erst bei mindestens 1000facher Vergrösserung sichtbar, sie verzweigen sich und laufen zuweilen in feine Büschel mit angeschwollenen Enden aus, ungefähr den Pinsel-ähnlichen Formen von Penicillium vergleichbar. Die Pünktchen der feinkörnigen Substanz sind zum Theil solche Nerven-Enden; manchmal sehen sie wie gestielt aus. Ohne Zusatz untersuchte oder mit sehr verdünnten Säuren kurze Zeit hindurch behandelte Präparate werden hierbei unentbehrlich. Die Analogie dieser Nerven-Endigung mit den motorischen Endplatten ist nicht zu verkennen, nur sind die blassen Nervenfasern in den electrischen Platten länger und mannigfaltiger verzweigt.

Zu S. 107.

Zeile 9 von oben lies 22 statt 25.

Zu S. 114.

B o l l (Archiv für microsc. Anat. Bd. IV. Suppl. S. 36. Taf. II. Fg. 20. 1869) scheint bei Dorididen (Gasteropoden) motorische Endplatten gesehen zu haben.

